

ÍNDICE

1.- OBJETO	3
1.1- INDUSTRIAL	3
1.2- ECONÓMICO	3
2.- ANTECEDENTES	4
3.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	5
3.1.- NECESIDAD DEL PRODUCTO A FABRICAR	5
3.2.- DIFUSIÓN	6
4.- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	7
4.1- TAMAÑOS DE BASTONES ZOOMETRICOS	12
4.2- LOTES DE FABRICACIÓN DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO.	13
4.3- LISTADO DE COMPONENTES NECESARIOS PARA LA FABRICACIÓN DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO.	14
4.4- LISTADO DE TORNILLERÍA PARA EL MONTAJE DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO	15
5.- ESTANDARIZACIÓN DE ELEMENTOS	17
6.- ELECCIÓN DE MATERIALES	18
7.- AJUSTES Y TOLERANCIAS	20
8.- ERROR E INCERTIDUMBRE	23
8.1- ERROR CORREGIBLE Y ERROR ESTIMABLE	24
8.2 ERRORES DE MEDIDA DEBIDOS AL DISEÑO DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO	25
8.3 ERRORES DE MEDIDA DEBIDOS AL OBJETO MEDIDO	28
9.- CÁLCULO DEL ERROR E INCERTIDUMBRE	29
9.1 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO	29
9.2 CÁLCULO DEL ERROR DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO	30
10. COSTES UNITARIOS DE PRODUCCIÓN	32
10.1- LISTADO DE MATERIALES PARA EL TAMAÑO Nº1	36
10.2- LISTADO DE MATERIALES PARA EL TAMAÑO Nº2	36
10.3- LISTADO DE MATERIALES PARA EL TAMAÑO Nº3	37
10.4- ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN	42
11.-COSTE DE PRODUCCIÓN POR LOTES	43
12.-POSIBLES MEJORAS Y MODIFICACIONES	44

13.-CONCLUSIÓN FINAL.....	47
13.1 BASTON DE 700MM	48
13.2 BASTON DE 1000MM	49
13.3 BASTON DE 2000MM	50
14.- ANEXOS.....	51
14.1- FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS	51
14.2- TABLAS.....	52
14.3- PLANOS DE FABRICACIÓN	60
15.- AGRADECIMIENTOS.....	67

1.- OBJETO

El Departamento de Fabricación del CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA, encarga el desarrollo de un bastón zoométrico como proyecto FIN DE CARRERA al alumno MANUEL NICOLÁS CHUECA.

1.1- INDUSTRIAL

El objeto industrial de este proyecto fin de carrera es la fabricación completa de un bastón zoométrico, comprendiendo todos y cada uno de sus componentes. Se buscará optimizar el proceso de fabricación así como los materiales a utilizar para conseguir simplificarlo al máximo.

1.2- ECONÓMICO

El objeto económico del proyecto es estudiar y reducir al máximo los costes de fabricación tanto unitarios como por lotes del bastón zoométrico. Para lograr este objetivo es muy importante tratar de estandarizar al máximo los componentes de los tres tamaños y así reducir el número de piezas totales a fabricar.

2.- ANTECEDENTES

Atendiendo a las necesidades del sector veterinario, surge la necesidad de crear un instrumento capaz de medir o tallar los animales más comunes. A dicho instrumento se le denomina bastón zoométrico.

Consultando a veterinarios y expertos en el sector, y partiendo de un diseño facilitado por la Universidad de Córdoba, se decide fabricar el producto en tres tamaños distintos.

3.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica fundamentalmente en los siguientes puntos:

1. Necesidad del producto a fabricar
2. Difusión

3.1.- NECESIDAD DEL PRODUCTO A FABRICAR

En el mercado existen instrumentos que permiten realizar medidas con la suficiente precisión, pero están fabricados por marcas internacionales de manera prácticamente unitaria. Así pues actualmente se pueden dar dos situaciones distintas a la hora de plantear la necesidad del producto:

I- Utilizar los instrumentos disponibles.

Los profesionales que optan por esta opción están obligados a utilizar la escasa variedad disponible, aceptando las condiciones que los fabricantes imponen, tales como su precio final, tiempos de espera, precios de distribuidores, precios de transporte, etc....siendo así esta opción poco recomendable dado el desproporcionado precio que hay que pagar.

II- No utilizar los instrumentos disponibles.

En esta situación se encuentran el resto de profesionales del sector. Dado el elevado precio del producto disponible en el mercado, descartan la opción de adquirirlo y tienen que utilizar métodos alternativos, poco precisos y con sus correspondientes errores.

Teniendo en cuenta las dos posibilidades expuestas, es obvia la necesidad de fabricar un instrumento de medida con la precisión necesaria, capaz de cubrir la demanda de los profesionales del sector veterinario, y con un coste unitario de fabricación asumible.

3.2.- DIFUSIÓN

El producto sería de gran utilidad tanto para veterinarios particulares como para las empresas del sector. Asimismo cualquier universidad de veterinaria podría utilizarlo en sus labores de investigación o introducirlo como un importante elemento en prácticas universitarias.

4.- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

A continuación se describe la composición y funcionamiento del bastón zoométrico.

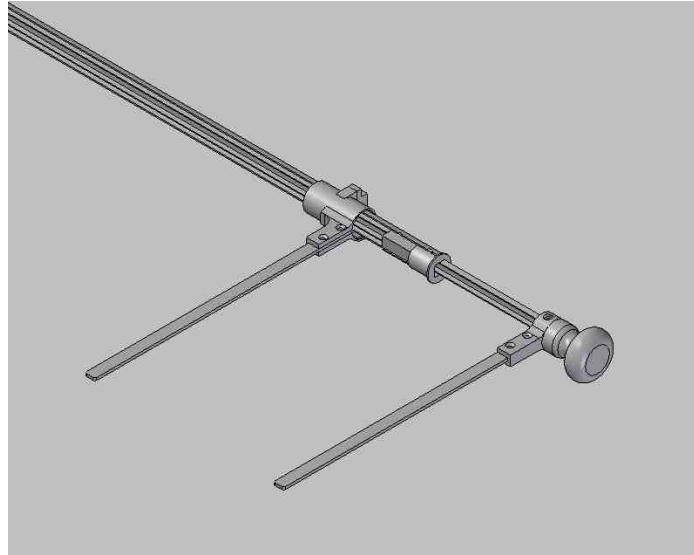


Fig1: Detalle de la parte superior del bastón zoométrico.

El cuerpo del bastón está formado por un tubo cilíndrico hueco capaz de alojar en su interior una varilla cuadrada y permitir el deslizamiento mediante una guía. Ambas piezas están graduadas para ofrecer una lectura de la medida.

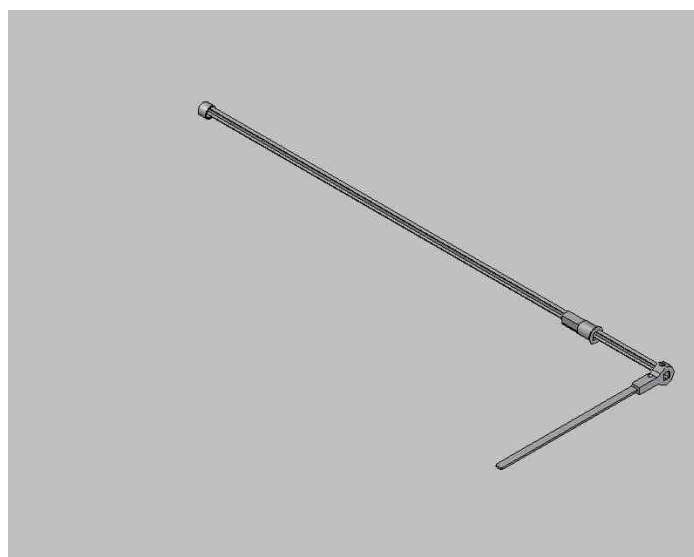


Fig2: Detalle de la varilla (Pieza B-005).

Para poder efectuar una medición son necesarias dos galgas, atornilladas a unos soportes solidarios al tubo cilíndrico y a la varilla respectivamente, fijados también mediante tornillos.

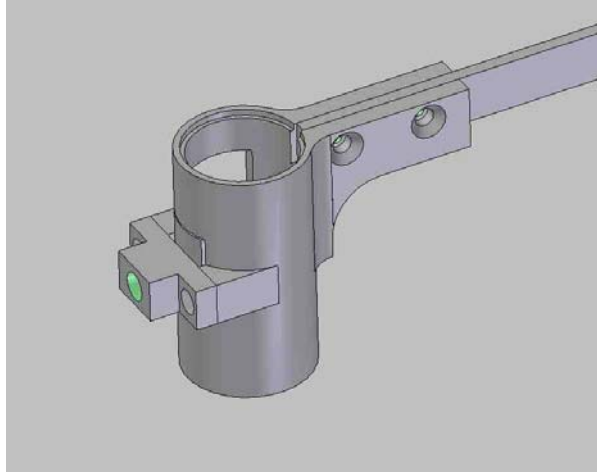


Fig3: Soporte de galga móvil (Pieza B-001).

El soporte móvil de la figura N° 3 (B-001), se montará sobre el tubo cilíndrico (B-004), y el soporte fijo de la figura N° 4 (B-002) se montará sobre la varilla (B-005) mostrada en la figura N° 2.

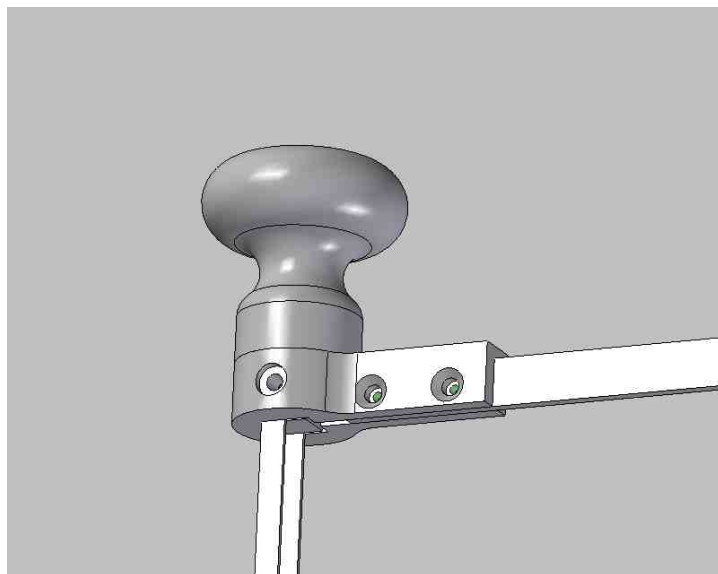


Fig4: Soporte de galga fijo (Pieza B-002).

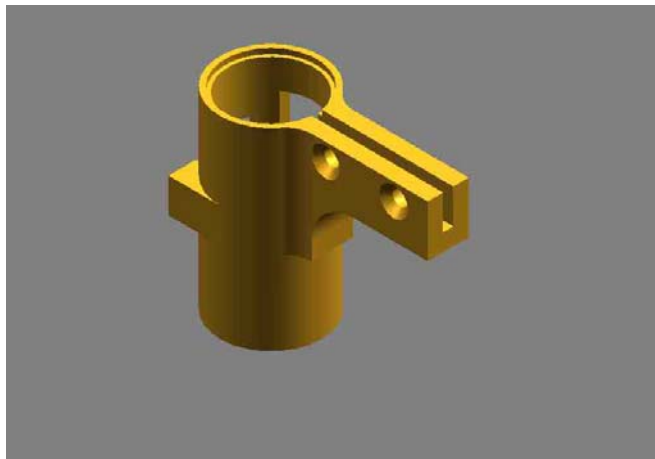


Fig5: Detalle del diseño del soporte móvil (B-001).

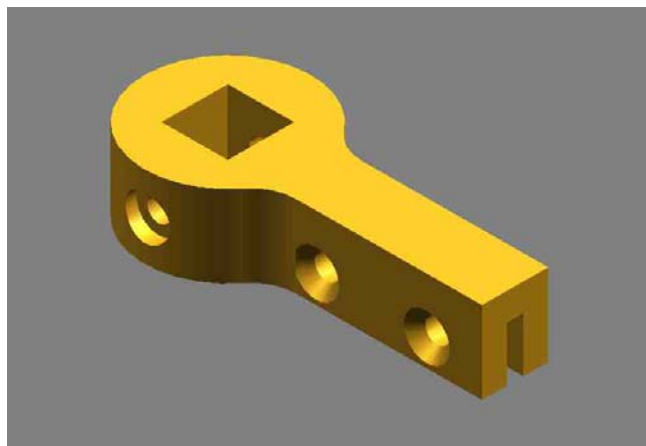


Fig6: Detalle de diseño del soporte fijo (B-002).

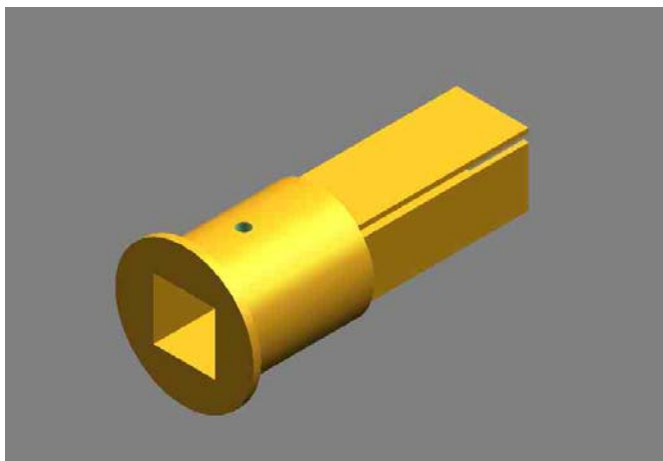


Fig7: Detalle de la guia de la varilla (B-006).

Mediante la guía de la figura N° 7 (B-006) se realiza el deslizamiento entre la varilla (B-005) y el tubo (B-004).

Para fijar la posición del soporte de galga móvil (B-001), se ha diseñado una pieza llamada Puente Fijación (B-009).

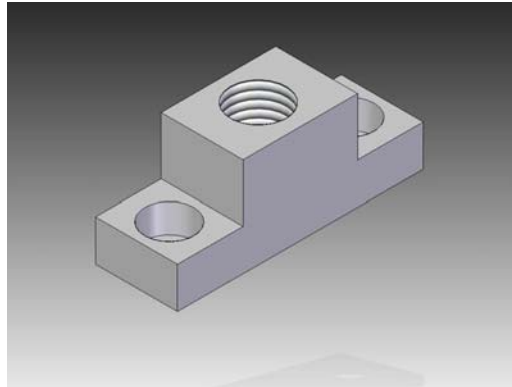


Fig.8: Detalle de Puente Fijación (B-009).

Esta pieza va atornillada al Soporte (B-002) y utiliza un tornillo de accionamiento manual para evitar el deslizamiento del conjunto Galga (B-003)-Soporte galga móvil (B-001) respecto del tubo (B-004).

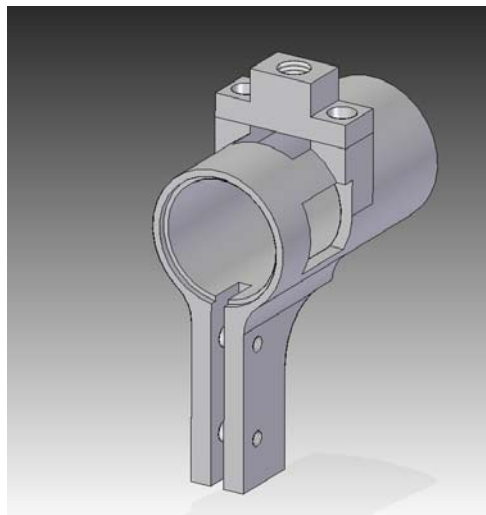


Fig.9: Detalle del Puente Fijación (B-009) sobre .

El pomo B-007 es una pieza clave en el montaje del conjunto ya que a la vez que hace de tope superior y posible asa para manipular o transportar el bastón, sirve para fijar la varilla B-005 y el Soporte de galga fija B-002. El pomo B-007 hace de macho y se introduce en la varilla B-005, y sobre ésta va montado el soporte de galga fijo B-002.

Gracias a las formas suaves y a la eliminación de cualquier arista viva en estos dos elementos se consigue una mejor terminación del conjunto y una mayor calidad visual, evitándose de esta forma posibles roces o heridas al manipular el bastón zoométrico.

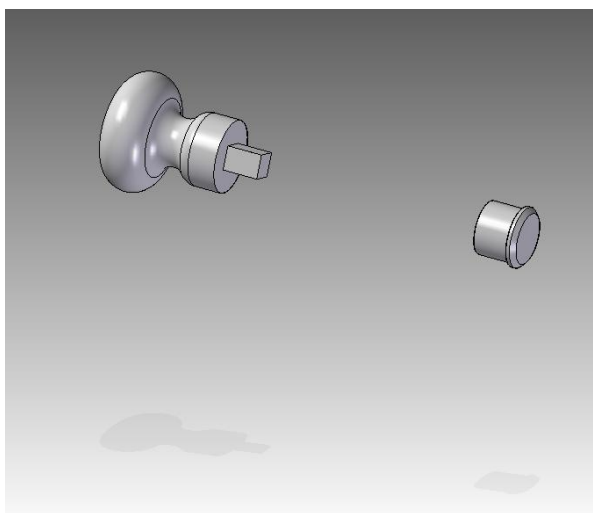


Fig10: Detalle de Pomo Bastón (B-007) y Tapón Bastón (B-008).

El tapón B-008 tiene además una doble función. Por un lado se consigue con él cerrar el conjunto, evitando de esta manera la entrada o acumulación de cualquier sustancia en el bastón; por otro lado se consigue matar las aristas vivas del tubo del mismo modo que con el pomo B-007.

4.1- TAMAÑOS DE BASTONES ZOOMETRICOS

Atendiendo a las indicaciones de expertos del sector veterinario, el bastón zoométrico se realizará en tres tamaños distintos para cubrir un rango de medida lo más amplio posible.

Tamaño N° 1: Bastón de 700 mm.

Tamaño N° 2: Bastón de 1.000 mm.

Tamaño N° 3: Bastón de 2.000 mm.

El tamaño N° 1 puede hacer mediciones de hasta 700 mm. En este grupo se encuentran los animales del tamaño de un perro pequeño.

El tamaño N° 2, puede hacer mediciones 300 mm mayores, de hasta 1.000 mm. Dentro de este grupo se encontrarían animales algo mayores como perros más grandes o animales del tamaño de una oveja o un cerdo.

Pese a que con los tamaños N° 1 y N° 2 se cubren la mayor parte de los animales domesticables más comunes, se ha incluido el tamaño de bastón N° 3 con el objetivo de realizar mediciones mayores, ya que con él se pueden llegar a tallar animales de hasta 2 metros.

4.2- LOTES DE FABRICACIÓN DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO.

Como se verá mas adelante en el apartado 10.3, las condiciones de suministro del material nos condicionan la fabricación del producto, como era de esperar. Estudiando con detenimiento los costes de material del apartado 10.3, se puede ver que el precio no varía hasta unas cantidades de material relativamente grandes, sobretodo en el caso del acero. Los precios suministrados por los proveedores de acero no varían hasta superar cantidades de aproximadamente 180 m. El latón, ya sea calibrado o pletina en crudo, se sirve en longitudes mínimas de 3 metros. El acero se sirve normalmente en barras de 6 metros de longitud.

Por todo esto se ha decidido que el lote de partida para la fabricación del bastón zoométrico sea de seis unidades, y sus variantes múltiplos de seis. Así pues, se pueden estructurar unos lotes para la fabricación de cada tamaño como se detalla a continuación:

Lote 1: 6 Unidades.

Lote 2: 12 Unidades.

Lote 3: 18 Unidades.

Lote 4: 24 Unidades.

Lote 5: 48 Unidades.

Lote 6: 64 Unidades.

**4.3- LISTADO DE COMPONENTES NECESARIOS PARA LA
FABRICACIÓN DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO.**

A continuación, basados en los diseños anteriormente mostrados, se muestra un despiece del bastón zoométrico listando todos sus componentes y elementos necesarios para su fabricación y montaje.

Soporte Galga Móvil	Pieza B-001	Fig.5
Soporte Galga Fijo	Pieza B-002	Fig.6
Guía Varilla	Pieza B-006	Fig.6
Tubo	Pieza B-004	Fig.8
Varilla	Pieza B-005	Fig.2
Galgas	Pieza B-003	Fig.1
Pomo Bastón	Pieza B-007	Fig.8
Tapón Bastón	Pieza B-008	Fig.8
Puente Fijación	Pieza B-009	Fig.9
Casquillo Freno	Pieza B-010	Fig.10

4.4- LISTADO DE TORNILLERÍA PARA EL MONTAJE DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO.

Para montar la galga B-002 en el soporte de galga móvil B-001 se utilizan 2 tornillos Allen de cabeza avellanada DIN 7991 M4 x 10; de la misma manera, para montar la galga B-002 en el soporte de galga móvil B-001 se utiliza otros 2 tornillos Allen de cabeza avellanada DIN 7991 M4 x 10.

Para montar el puente de fijación B-009 en el soporte de galga móvil B-001 se utilizan **2 tornillos M3 x 8 cabeza Allen DIN 912**.

Para montar el soporte de galga fija B-002 sobre la varilla B-005 se utilizan **2 tornillos tipo prisionero M3 x 5 DIN 916**, con éstos se consigue también la sujeción del pomo B-007 a la varilla B-005 ya que como se ha comentado anteriormente el pomo B-007 encaja en el interior de la varilla B-005 y con el apriete de los tornillos prisioneros se une el conjunto.

Para frenar el soporte móvil se utiliza un tornillo M-8, éste se obtiene mecanizándolo a partir de un bloque de material para obtener un tornillo con una gran cabeza y manipularlo manualmente.

La guía de la varilla B-006 se puede fijar a la varilla B-005 si así se desea con **1 tornillo tipo prisionero M3 x 5 DIN 916**, mecanizando previamente la varilla B-005; En el montaje del prototipo que se ve a continuación no se ha utilizado este tornillo ya

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOOMÉTRICO Y SUS GAMAS

que el diseño de la guía de varilla B-006 permite el montaje sin tornillo al fijarse mediante apriete por encaje gracias a la tolerancia que se le ha dado.



Fig11: Prototipo de Bastón Zoométrico montado.

El diseño de todos los componentes del bastón se ha realizado cumpliendo las tolerancias según la norma UNE-EN_20286=1996.

En el apartado Anexos se pueden encontrar los extractos mas relevantes de la norma a tener en cuenta para la realización del diseño del bastón zoométrico.

5.- ESTANDARIZACIÓN DE ELEMENTOS

Hay elementos comunes a todos los tamaños de bastón y otros que son específicos para cada tamaño, se han estandarizado al máximo para tener que fabricar el menor número posible de piezas distintas. Así pues, las piezas específicas de cada tamaño serían el Tubo (B004) y la Varilla (B-005) ilustrados en las figuras 1, y 2 respectivamente, el resto de piezas serán comunes para todos los tamaños.

Aún así, con el fin de facilitar el mecanizado del lote y el montaje, abaratando así el coste de producción, tanto el Tubo (B-004) como la Varilla (B-005) conservarán todas sus medidas excepto la longitud total. De esta manera se consigue que el resto de los componentes se puedan montar independientemente del tamaño del bastón.

Las Galgas (B-003) se han diseñado en un tamaño lo suficientemente grande como para satisfacer el tamaño mas grande de bastón, pero a su vez se ha tenido en cuenta no sobrepasar un tamaño incomodo a la hora de utilizar el tamaño más pequeño de bastón, por esto, se ha decidido fabricar las galgas del bastón en una longitud de 300mm, pudiéndose fabricar en una medida de 600mm para el tamaño N°3.

6.- ELECCIÓN DE MATERIALES

Para fabricar el bastón todo taller necesita una serie de materiales, a partir de la cual planifican las operaciones necesarias de mecanizado para llegar finalmente a obtener la pieza con las tolerancias y acabado superficial indicados.

No todos los componentes del bastón son del mismo material ya que en cada caso se requieren unas propiedades mecánicas distintas, así pues, hay elementos que se fabricarán en Latón, otros en acero inoxidable, y otros en Dural.

El latón es un material idóneo para los elementos que necesiten mecanizados especiales ya que se mecaniza muy bien por arranque de viruta si su contenido en plomo supera el 2 o el 3%, además a los talleres les resulta cómoda su utilización ya que tiene un buen precio de recompra de las virutas y esto abarata las piezas que sean de éste material en lugar de acero.

Tiene una temperatura de fusión inferior a la del hierro además de un excelente comportamiento y plasticidad en la estampación en caliente. Admite bien la deformación en frío si la aleación es rica en cobre; tiene buena maleabilidad y ductilidad

El latón posee un aspecto brillante y dorado, esto hace que tenga muy buena apariencia sin necesidad de ningún acabado de precisión ni recubrimientos superficiales.

El Acero Inoxidable que se utilizará será el AISI 304, es un acero austenítico de uso general, lo que facilita encontrarlo en el almacén de cualquier taller. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío, su bajo contenido en Carbono otorga una mejor resistencia a la corrosión si se suelda.

El acero inoxidable AISI 304 es una aleación con 18 % Cr y 8 % Ni, lo que le otorga una excelente resistencia a la corrosión y a la presión. La temperatura máxima de operación para el acero inoxidable AISI 304 es de 760° C. No obstante, debido a la corrosión bajo tensión intergranular, la temperatura para servicio continuo del acero inoxidable AISI 304 se limita a 420 °C. La dureza del acero inoxidable AISI 304 es de 160 HB.

El Dural es una aleación ligera de alta resistencia de Aluminio, Cobre, Manganeso y Magnesio que mediante un recocido y un envejecimiento en solución obtiene propiedades mecánicas similares o mejores que las del acero bajo en carbono; tiene unas características de soldadura mas limitadas, pero en este caso no compromete su funcionalidad.

7.- AJUSTES Y TOLERANCIAS

Cuando se montan un par de piezas el ajuste generalmente se realiza entre una pieza que debe penetrar en otra (macho) y una pieza que debe ser penetrada por la primera (hembra).

Estas piezas reciben el nombre de eje (macho) y de agujero (hembra). Si no existe interferencia entre estas piezas entran fácilmente, se dice que presentan juego. Si existe interferencia entre ambas, entran con apriete o no entran, tengan movimiento una respecto de la otra o estén fijas.

Existe una posición intermedia que se denomina deslizamiento que es cuando no posee interferencia ni juego o posee juego mínimo. De la forma en la que encajan las piezas unas con otras surgen las distintas formas de ajustes que reciben las siguientes denominaciones:

Juego (J): es la diferencia entre los diámetros de agujero y eje. Existe juego cuando el diámetro del agujero es mayor que el diámetro del eje.

Deslizamiento (Dz): cuando prácticamente no existe diferencia entre los diámetros del agujero y del eje. En estos casos siempre existe un pequeño juego.

Apriete (A): es la diferencia entre los diámetros del eje y agujero. Existe apriete cuando el diámetro del eje es mayor que el del agujero.

Juego máximo (Jmax): es la diferencia entre la medida máxima del diámetro del agujero y la mínima del diámetro del eje.

Juego mínimo (Jmin): es la diferencia entre la medida mínima del diámetro del agujero y la máxima del diámetro del eje.

Apriete máximo (A_{max}): es la diferencia entre la medida máxima del diámetro del eje y la mínima del diámetro del agujero.

Apriete mínimo (A_{min}): es la diferencia entre la medida mínima del diámetro del eje y la máxima del diámetro del agujero.

El sistema de ajuste que se va a utilizar es de agujero único. Según este tipo de ajuste, el agujero es común para todos los asientos del mismo diámetro nominal. Los juegos y aprietes necesarios para los distintos asientos se logran mediante diámetros menores o mayores que del eje. En este sistema, la línea de cero coincide con la medida mínima del agujero.

De acuerdo con esto, la diferencia inferior D_i es igual a cero, y la superior D_s es igual a la tolerancia de medida del agujero T .

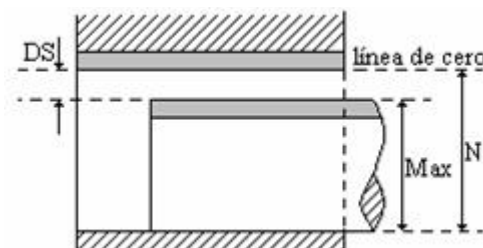


Fig12: Ajuste agujero base.

Para cada campo o zona de medida nominal existen 20 tolerancias de distinta magnitud. Estos escalones de tolerancia se designan con los números del 1 al 18 y se denominan calidades. A la calidad 01 le corresponden las tolerancias menores y a la 18 las máximas. Al hablar de calidad se quiere decir el valor de la bondad de la tolerancia, la magnitud de la diferencia entre medida máxima y mínima, es decir la exactitud de medidas. Ahora bien, con la misma magnitud de tolerancia para una medida para una

medida grande de la pieza no puede alcanzarse el mismo objeto que para una pequeña. Para piezas grandes habrá por lo tanto que prever para los mismo fines, tolerancias mayores. Por este motivo, a cada calidad se le asignan tolerancias que crecen con el escalonamiento de las zonas de medidas nominales. El conjunto de tolerancias dentro de una calidad es lo que se llama serie de tolerancias fundamentales. Todos los detalles que se han comentado vienen recogidos en la norma **UNE-EN_20286=1996**.

En el apartado *Anexos* se puede ver la tabla “Ajustes seleccionados y preferentes”, en base a la cual se puede crear un ajuste válido para el bastón.

Puesto que se trata de un instrumento de precisión para medir, el tipo de ajuste es fino y teniendo en cuenta que este tipo de ajuste es agujero base, una opción válida sería un H7 $h6^{+18}_{-11}$. Esto quiere decir que el agujero, es decir, la guía de varilla B-006 no puede tener nunca una tolerancia negativa, y su tolerancia positiva puede llegar hasta +18 micras, lo que equivale a 0.018mm de holgura respecto del eje, la varilla B-005, el cual tendrá su tolerancia positiva igual a cero para evitar así cualquier interferencia, pudiendo variar su tolerancia negativa hasta 11 micras ya que un eje es muy fácil de mecanizar si se desea rebajar una media.

Con esto obtenemos un ajuste deslizante que permite el movimiento entre ambas piezas sin problemas, con un juego máximo de 29 micras, y reducimos la holgura al máximo para evitar juegos innecesarios que ampliarían la zona de incertidumbre del instrumento.

8.- ERROR E INCERTIDUMBRE

Las exigencias industriales justifican el uso de equipos precisos y sofisticados que para ser eficaces, es decir, para cumplir las funciones para las que fueron diseñados, es necesario asegurar que sus características se mantienen dentro de las especificaciones establecidas para su correcto funcionamiento.

Al utilizar el bastón zoométrico, se pretende conocer el valor de una magnitud física con un grado de aproximación (o incertidumbre) establecido. Para poder lograrlo es necesario conocer el estado del instrumento y saber cuanto difieren las indicaciones del instrumento del valor verdadero de dicha magnitud.

La determinación de la incertidumbre del bastón zoométrico es por tanto imprescindible si se quiere alcanzar un nivel de calidad y se obtiene calibrándolo. Todas las normas y recomendaciones internacionales en materia de ensayos y control de calidad exigen que las mediciones efectuadas en la práctica de ambas actividades, tengan trazabilidad a los patrones adecuados, generalmente patrones nacionales o internacionales y a través de éstos a las unidades básicas del Sistema Internacional.

La calibración es necesaria y útil en sus aspectos preventivo y correctivo:

Preventivo, como garantía de la trazabilidad de un laboratorio en los resultados que proporciona y en las incertidumbres que asigna. La trazabilidad se consigue mediante el mantenimiento de un Plan de Calibración permanente, así como la comparación periódica de medidas.

Correctivo, facilita la información necesaria para realizar los ajustes o correcciones necesarios a lo largo de la vida del bastón zoométrico.

La Norma UNE 82009 utiliza los términos “veracidad” y “precisión” para describir la exactitud de un método de medición. La “veracidad” se refiere al grado de concordancia existente entre la media aritmética de un gran número de resultados y el valor verdadero o aceptado como referencia. La “precisión” deriva del hecho de que al realizar diferentes ensayos sobre materiales presumiblemente idénticos y en circunstancias presumiblemente idénticas, no se obtienen, en general, idénticos resultados. Esto se atribuye a los inevitables errores aleatorios inherentes a todo proceso de medición.

Existen diferentes factores que pueden contribuir a que los resultados de medición varíen, entre ellos se pueden incluir: el operario, el equipo de medición utilizado, la calibración del equipo de medición, factores ambientales tales como la humedad, temperatura, etc.... así como el intervalo de tiempo entre mediciones.

8.1- ERROR CORREGIBLE Y ERROR ESTIMABLE

Una distinción muy apropiada que podemos hacer entre la distinta naturaleza del error es considerar el error corregible y el error estimable. El error corregible es aquél que conocemos y podemos cuantificar la forma en que afecta a la medición. El mismo efecto puede dar lugar a un error corregible o un error estimable en función de si se conoce o no la relación entre los parámetros.

8.2 ERRORES DE MEDIDA DEBIDOS AL DISEÑO DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO

Cualquier que sea la precisión de diseño y fabricación el bastón zoométrico presentará siempre imperfecciones. Tanto éstas como las que irá adquiriendo con el uso son fuentes de error atribuibles al propio instrumento de medida.

Se pueden considerar errores de diseño y fabricación defectos de planitud, paralelismo o concetricidad de los elementos que lo forman, defectos en las galgas, en el grabado de escala, o cualquier error en su montaje. En general, los errores producidos por el bastón zoométrico en perfectas condiciones no deben ser superiores a la décima parte de su escala, si su escala es el milímetro, no debe superar entonces la décima de milímetro.

Para evitar errores de paralelismo entre las piezas deslizantes del bastón zoométrico, existen dos elementos claves en su diseño:

El primero de ellos es la Guía de Varilla B-006, en el diseño del bastón se toma como elemento principal agujero ya que es mas costoso de mecanizar que el Tubo B-004 el cual se toma como eje, este método es conocido como Agujero Base. Así pues, la guía de varilla B-006 es la encargada de alojar en su interior el eje del equipo y favorecer en la medida de lo posible el paralelismo entre las caras de la guía B006 y las caras de la varilla B-005, evitando así cualquier movimiento entre ellas que no sea el deslizamiento. Ésta pieza se encaja en el diámetro interior del tubo B-004, y además se mejora la sujeción mediante un tornillo que hace la unión Tubo B-004-Guía de varilla

B-006 completamente solidaria, mediante otro tornillo se reduce el juego entre la guía B-006 y la Varilla B-005 como se puede observar a continuación.

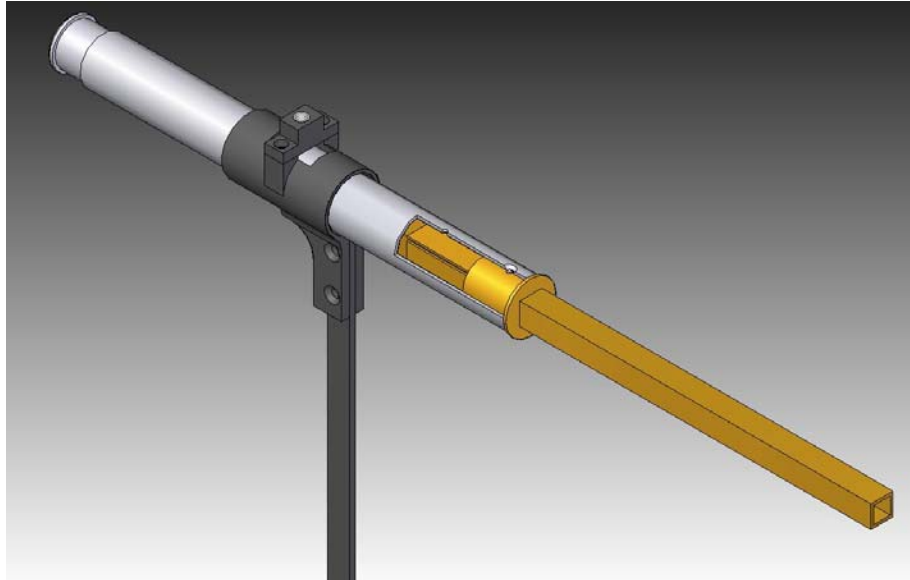


Fig 13: Vista de la unión Guía de varilla B-006, Tubo B-004 y Varilla B-005.

Existen otro tipo de errores a tener en cuenta que se pueden amplificar con el paso del tiempo. Se deben a las deformaciones elásticas de los elementos en contacto sometidos a una presión excesiva al realizar mediciones.

En general, el bastón zoométrico trabajará con presiones muy bajas ya que no se utilizará del mismo modo que un calibre convencional; en lugar de piezas rígidas se medirán longitudes de animales, es decir, ni la calidad superficial ni las propiedades mecánicas de los elementos a estudio son comparables, con lo que los elementos funcionales de ambos instrumentos de medida (calibre y bastón) no van a someterse a las mismas presiones, fuerzas o desgastes, de forma que podemos despreciarlas.

Sin embargo, este tipo de deformaciones se puede decir que obedecen a la ley de Hertz:

$$\Delta l = l \times \sqrt{\left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}\right)^2} \times \sqrt{\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)^2} \times F^2$$

Siendo:

Δl = Deformación longitudinal;

r_1, r_2 = Radios de curvatura de las superficies en contacto;

E_1, E_2 = Módulos de elasticidad de las piezas en contacto.

El uso del bastón zoométrico así como de cualquier instrumento de medición, trae consigo un envejecimiento que va produciendo cada vez errores más grandes, por eso es necesario realizar verificaciones periódicas para comprobar si se mantiene dentro de sus especificaciones admisibles; en los calibres existe un límite de desgaste a partir del cual se consideran no aptos, aunque como se ha comentado anteriormente, debido al uso para al que está destinado el bastón zoométrico se puede considerar que esto no se va a producir por el uso en sí del instrumento.

Otro tipo de causas que pueden ocasionar errores de medición importantes en el caso del bastón zoométrico, estarían producidas por una errónea manipulación o transporte del mismo; una vez montado, un golpe podría romper algún componente del bastón, esto se solucionaría sustituyendo la pieza, pero más grave una rotura sería una deformación en alguno de sus elementos ya que si no se detecta a tiempo se cometerían errores de medición involuntariamente en cada toma de datos de magnitud proporcional a la deformación sufrida.

Aunque los componentes del bastón son completamente desmontables, una vez montado no conviene manipularlos para evitar juegos y holguras perjudiciales para la precisión del instrumento, sólo deben ser desmontados en caso de rotura o en caso de la aparición de alguna deformación.

8.3 ERRORES DE MEDIDA DEBIDOS AL OBJETO MEDIDO

Cuando se efectúa la medida de una cierta cota, se sobreentiende que existe un solo valor de verdadero de dicha cota, pero en realidad esto no sucede nunca, y menos en el caso de las medidas que se realizaran con el bastón ya que las cotas se miden entre superficies muy imperfectas, que poseen diferentes valores verdaderos de la misma.

Esto da lugar a una regla fundamental en metrología “para que pueda medirse una cota con una tolerancia, las superficies geométricas reales que definen dicha cota, han de encontrarse relacionadas entre sí, dentro de la misma tolerancia”. Aunque esto es una condición fundamental y en principio evidente, suele dar lugar a confusiones en la práctica de la medición.

También hay que tener en cuenta que los objetos que se van a medir con el bastón zoométrico no son objetos rígidos e indeformables si no más bien todo lo contrario, se trata de seres vivos que a la hora de ser tallados pueden cambiar de postura, pueden respirar o pueden moverse en ese momento.

9.- CÁLCULO DEL ERROR E INCERTIDUMBRE

Para calcular el error que se puede cometer al medir con el bastón zoométrico este cálculo se basará en principios geométricos basados en las holguras, tolerancias y ajustes entre las piezas.

9.1 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO.

La Incertidumbre del bastón zoométrico se puede calcular con la siguiente fórmula, pero hay que tener en cuenta que los patrones que ofrecen una incertidumbre son patrones rígidos y no animales.

$$\sqrt{0.44 \cdot I_0^2 + K^2 + S_c^2 \cdot (1/N + 1) + X_c^2}$$

Donde:

I_0 = La incertidumbre del patrón con el que se realiza el ensayo

K = Constante (para este nivel de exigencia se trabaja con $K=2$)

S_c = Desviación típica de las lecturas realizadas

N = Número de lecturas realizadas

X_c = Media de las lecturas realizadas

9.2 CÁLCULO DEL ERROR DEL BASTÓN ZOOMÉTRICO.

Como se ha comentado en el apartado N°7, para un ajuste deslizante del tipo $H7h6^{+18}_{-11}$ el juego máximo que se puede dar entre el eje y el agujero es de 29 micras, con esto y en base a cálculos geométricos, se calcula el error máximo que se puede cometer al realizar una medición.

Si se realizara un corte del bastón una vez montado, observando el detalle A de la figura 14 mostrada a continuación, se podría ver el máximo juego posible entre agujero y eje:

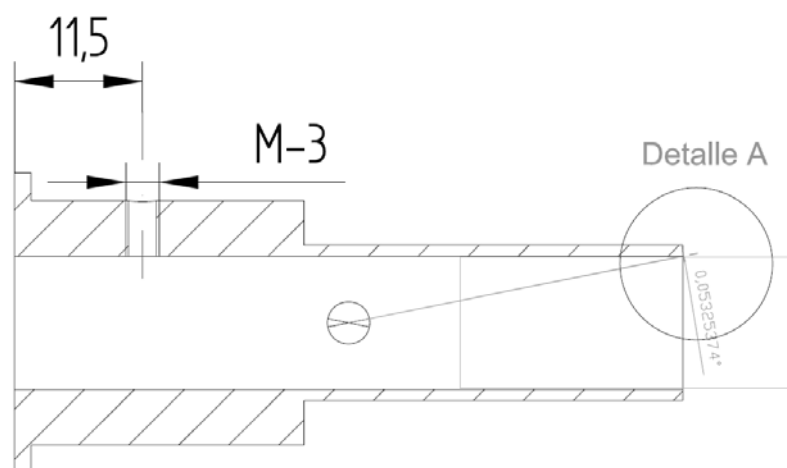


Fig 14: Angulo formado por el desplazamiento entre la varilla y la guía.

El juego máximo se da cuando la varilla toca a la guía en los puntos superior derecho (Punto 1 de la figura) e inferior izquierdo (Punto 3 de la figura), la varilla giraría sobre su centro (corresponde con el círculo en el que se cortan dos líneas) dibujado en la figura anterior, y el ángulo máximo que se podría girar es de 0.05325374°, este

ángulo se traslada al soporte móvil ya que ambas piezas son solidarias lo que originaría un error máximo de medición “ e_{\max} ” de 0.2509523 mm.

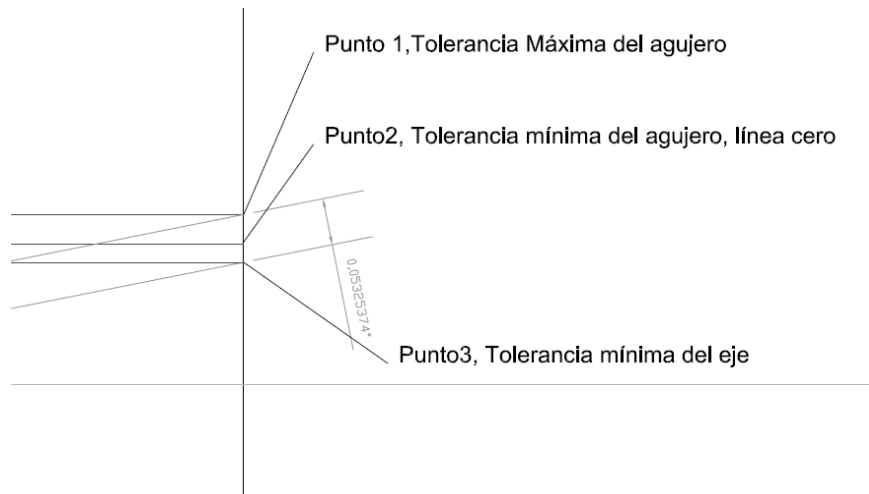


Fig 15: Líneas de referencia .

Este dato se obtiene al trasladar el ángulo de 0.05325374° a la galga:

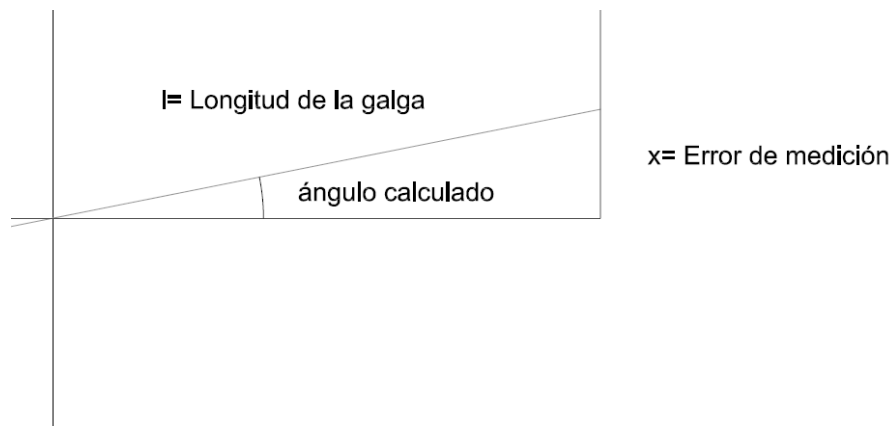


Fig 16: Detalle del ángulo formado.

Por trigonometría, sabemos que el error de medición “x” es:

$$x = l \sin(\text{ángulo})$$

$$x = 300 \sin(0.05325374^\circ) = 0.2509523 \text{ mm.}$$

10. COSTES UNITARIOS DE PRODUCCIÓN

A la hora de materializar el diseño hay dos opciones claramente diferenciadas, el objeto de cada una de ellas es asimismo completamente distinto.

Una de ellas sería enviar los planos de fabricación a talleres de mecanizado para obtener una cotización válida y poder así estimar los costes de fabricación. De esta manera tenemos un único precio, un precio final que representa el coste total de producción.

Otra manera, que resulta más interesante y detallada, sería diferenciar al principio una serie de procesos y estimar el coste de cada uno de ellos, de este modo, se obtienen con más precisión los costes de cada fase de la producción y se pueden estudiar más fácilmente los costes unitarios para cada tamaño de bastón así como los costes de cada lote.

Una vez clara la opción elegida se listará tanto las piezas finales a fabricar y sus dimensiones, como las cantidades necesarias de material.

El primer paso es hacer un pedido de material a un almacenista generando así unos costes de material; posteriormente, partiendo del material en crudo es necesario crear un programa para mecanizarlo y obtener la pieza deseada en cada caso, esto serán los costes de programación. Finalmente, mecanizamos la pieza para darle un acabado más fino y que entre en las tolerancias de los planos de diseño, esto se conoce como costes de mecanizado.

A continuación se van a listar los materiales necesarios para la fabricación de cada componente del bastón zoométrico:

1. Soporte Galga Móvil, Pieza B-001 (Fig.5)

Para la fabricación de este elemento se parte de un bloque de latón cuadrado de 60x30mm y de longitud 70mm, como ya se comentó anteriormente, este elemento es estándar con lo cual sólo se fabricará en una medida.

2. Soporte Galga Fijo, Pieza B-002 (Fig.6)

Para fabricar el Soporte de galga fijo se parte de un bloque de latón de 30x15mm y se necesita también una longitud de 70mm. Este elemento es estándar y sólo se fabricará en una medida.

3. Guía Varilla, Pieza B-006 (Fig.6)

Para fabricar este componente se parte de un bloque de latón cilíndrico de diámetro 30mm y longitud 60mm. Este elemento es estándar con lo que se fabricara en una medida.

4. Tubo, Pieza B-004 (Fig.8)

Para fabricar el tubo se parte de un perfil tubular de acero inoxidable AISI-304, de sección circular, diámetro 25mm y espesor 1.5mm con una calidad 2B. En el apartado Anexos se incluye una tabla con perfiles comerciales de acero inoxidable, es un extracto de un catálogo facilitado por uno de los proveedores a los que se pidió cotización de material. El tubo B-004 no es una pieza estándar ya que su longitud varía en función del tamaño de bastón que se vaya a fabricar. Las longitudes necesarias son

700mm para el tamaño de bastón N°1 de 700mm, 1000mm para el tamaño de bastón N°2 de 1000mm, y 2000mm para el tamaño de bastón N°3 de 2000mm.

5. Varilla, Pieza B-005(Fig.2)

Para fabricar este elemento se parte de un perfil tubular estándar de sección cuadrada de 12mm de medida exterior y espesor 1.5mm, esto hace que su medida interior sea de 9mm. Este elemento no es estándar por lo que su medida varía según el tamaño de bastón que se quiera fabricar. Las longitudes necesarias en función del bastón serían 700mm para el tamaño de bastón N°1 de 700mm, 1000mm para el tamaño de bastón N°2 de 1000mm, y 2000mm para el tamaño de bastón N°3 de 2000mm.

6. Galgas, Pieza B-003 (Fig.1)

Para fabricar las galgas del bastón zoométrico se parte de una lámina de latón calibrado de 12x3mm y longitud 60mm. En principio con una sola longitud se fabricaría una galga apta para cualquiera de los tres tamaños, se ha considerado suficiente una longitud de 30 cm para medir cualquier animal aunque si fuera necesario se podría fabricar en una longitud de 60 cm sin necesidad de hacer modificaciones de diseño, esta opción se podría desestimar inicialmente ya que incrementaría el peso del conjunto y lo haría mas difícil de manipular. Para esto bastaría con cortar la lámina de latón 30 cm mas larga. Esta modificación supondría un aporte de un 100% más de material, obviamente en términos económicos supondría un coste del doble, según los precios facilitados por los proveedores a día de hoy, aunque esto se estudiará con detalle en el siguiente apartado.

7. Pomo Bastón, Pieza B-007 (Fig.8)

Este elemento se fabricará partiendo de un bloque de Dural de Diámetro 50mm y longitud 65mm, este elemento es estándar y sólo se fabricara en una medida.

8. Tapón Bastón, Pieza B-008 (Fig.8)

Este elemento se fabricará también partiendo de un bloque de Latón de diámetro 30mm y longitud 20mm, este elemento es estándar y sólo se fabricará en una medida.

9. Puente Fijación, Pieza B-009 (Fig.9)

Este elemento se fabricará en Latón partiendo de un bloque de 15x30mm y longitud 10mm, este elemento es estándar y se fabricará sólo en una medida.

10. Casquillo Freno, Pieza B-010 (Fig.10)

Este elemento se fabricará en Latón partiendo de un bloque cuadrado de 30x15mm y longitud 22mm.

De esta manera, las cantidades de cada material que se necesitan para la fabricación de cada tamaño de bastón sería la siguiente:

10.1- LISTADO DE MATERIALES PARA EL TAMAÑO N°1

Latón	□ 60x30.....	70mm
	□ 30x15.....	70mm + 10mm = 80mm
	□ 12x3.....	300mm + 300mm = 600mm
	□ 12x1.5mm.....	700mm
	Ø 30.....	60mm
Dural	Ø 30.....	0,100kg
	Ø 50.....	65mm

AISI 304 Tubo Ø25x 1,5mm x 700mm

Tornillería Correspondiente.

10.2- LISTADO DE MATERIALES PARA EL TAMAÑO N°2

Latón	□ 60x30.....	70mm
	□ 30x15.....	70mm + 10mm = 80mm
	□ 12x3.....	300mm + 300mm = 600mm
	□ 12x1.5mm.....	1000mm
	Ø 30.....	60mm
Dural	Ø 30.....	0,100kg
	Ø 50.....	65mm

AISI 304 Tubo Ø25x 1,5mm x 1000mm

Tornillería Correspondiente.

10.3- LISTADO DE MATERIALES PARA EL TAMAÑO N°3

Latón	□ 60x30.....	70mm
	□ 30x15.....	70mm + 10mm = 80mm
	□ 12x3.....	300mm + 300mm = 600mm
	□ 12x1.5mm.....	2000mm
	Ø 30.....	60mm
Dural	Ø 30.....	0,100kg
	Ø 50.....	65mm

AISI 304 Tubo Ø25 x 1,5x 2000mm

Tornillería Correspondiente.

Para transformar estas cantidades de materiales a términos económicos, hay que tener en cuenta que los precios varían en función del tipo de soporte, es decir, de la forma del material en crudo del que se parte para mecanizar, de esta manera se manejan unos precios del siguiente orden:

El latón laminado que se sirve calibrado tienen un peso específico de 6kg/m y cuesta 6.25€/Kg, la pletina latón de 60x30mm tiene un peso específico de 15.5kg/m y un precio de 10.50 €/kg. La pletina de latón de 30x15mm tiene un peso específico de 4kg/m y un precio de 10.50 €/kg. El latón para fabricar las galgas, se sirve en una longitud mínima de 3m, con un peso específico de 400g/m y a un precio de 10.50 €/Kg.

Con todo esto se puede hacer una estimación del coste total del latón y más adelante del coste de cada pieza. Cabe destacar que entre Diciembre de 2005 y mayo de 2006 hubo una subida de precio del latón del 109%, y entre Mayo de 2006 y Diciembre de 2003 hubo una subida del 401%, con esto queda reflejado que cualquier estudio económico que se realice tiene una validez temporal relativamente limitada.

Al consultar precios del acero que se va a utilizar en este proyecto (AISI-304 diámetro 25x 1,5 en calidad 2B), se ha comprobado que se pueden encontrar diferencias notables según el proveedor o almacenista al que se consulte. De este modo, el precio facilitado por el proveedor N°1 ha sido de 5.75€ el metro lineal hasta una longitud de 42 metros, y 4.60 € el metro lineal hasta una longitud de 180 metros.

Los precios facilitados por el proveedor N°2 son sensiblemente mas bajos ya que lo sirve a 2.9 € el metro para una cantidad de 175 metros.

Es importante tener en cuenta que este precio es válido sólo si se encargan las longitudes citadas, y que habría que añadirle el precio de los portes. Según el proveedor N°2 cobraría 13€ por servirnos a domicilio tanto una barra como el máximo volumen de carga del camión.

También, cabe destacar que el acero se sirve normalmente en barras de 6 metros de longitud y las varillas de latón calibrado en longitudes de 3m, este dato será fundamental para determinar los lotes de bastones que vamos a estudiar para aprovechar al máximo el material.

Todo esto indicar que lo más adecuado es establecer un lote mínimo de 6 unidades, tomando como referencia el tamaño de bastón N°2 de 1000mm de longitud.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOOMÉTRICO Y SUS GAMAS

De cualquier modo, podemos resumir que las cantidades de cada material para la fabricación de un bastón son las siguientes:

Latón 60x30	2,200 Kg	15,224 €
Latón 30x15	0,500 Kg	3,460 €
Latón 12x3	0,360 Kg	3,204 €
Latón Ø 30	0,800 Kg	4,480 €
Latón □ 12x1.5	0,360 Kg	10,320 €
INOX AISI 304 Ø25x1.5	2,0m. Kg	9,000 €
Dural Ø30	0,120 Kg	0,680 €
Dural Ø50	0,450 Kg	2,540 €
Tornillería		6,00 €
Posibles Tratamientos		20,00 €
Total	72, 908 €

1. Soporte Galga Móvil , Pieza B-001 (Fig.5) **11.39€**

Para fabricar un soporte B-001 se necesitan mínimo 70mm de pletina 60x30 lo que supone un coste de 11.39€/u.

2. Soporte Galga Fijo, Pieza B-002 (Fig.6) **2.94€**

Para fabricar un soporte B-002 se necesita también un mínimo de 70mm de pletina, pero en este caso será de 30x15mm, esto supone un coste de 2.94€/u.

3. Guía Varilla, Pieza B-006 (Fig.6)

4.48€

Para fabricar una guía B-006 se necesita 60mm de un bloque de latón de diámetro 30, lo que supone un coste de 4,48€.

4. Tubo, Pieza B-004 (Fig.8)

4.5€y 9€

Fabricar un tubo B-004 de 2m, si el pedido no es muy grande, supone un coste de 9€ en materiales, suponiendo un coste de unos 4,5€/m haciendo la media de los precios de distintos proveedores. Esto hace un coste unitario de 4.5 €/u. para los tamaños N°1 y N°2, y de 9€/u. para el tamaño N°3.

5. Varilla, Pieza B-005 (Fig.2)

5.2€y 10.4€

Fabricar una varilla B-005, supone un coste en las mismas condiciones de suministro de la pieza anterior, de 5,160 €/m, con lo que el coste de los tamaños N°1 y N°2 es de 5,160€/u. y 10.320 €/u. del tamaño N°3.

6. Galgas, Pieza B-003 (Fig.1)

1.6€y 3.2€

Fabricar una galga B-003 supone un coste aproximado de materiales de 1,602 €/u., en el caso del bastón tamaño N°3 el coste sería el doble ya que su tamaño también sería el doble. Esto implica un coste de 3,204 €/bastón para los tamaños N°1 y N°2 y 6,408 €/bastón para el tamaño N°3.

7. Pomo Bastón, Pieza B-007 (Fig.8)

2.54€

Fabricar esta pieza supone un coste en dural de unos 2.54 €/unidad, y es válida para todos los tamaños de bastones.

8. Tapón Bastón, Pieza B-008 (Fig.8)**4.48€**

El coste de los materiales para la fabricación de esta pieza es de 4.48€, también es válida para cualquier tipo de tamaño de bastón.

9. Puente Fijación, Pieza B-009 (Fig.9)**3.46€**

El coste de los materiales para la fabricación de esta pieza es de aproximadamente 3.46€.

10. Casquillo Freno, Pieza B-010 (Fig.10)**2.25€**

El coste de los materiales para fabricar el casquillo de freno es de aproximadamente 2.25€.

Con todos estos datos se puede concluir el siguiente precio de los materiales para los distintos tamaños de bastones zoométricos:

PIEZA	BASTÓN 700mm.	BASTÓN 1000mm.	BASTÓN 2000mm.
B-001	11,39	11,39	11,39
B-002	2,49	2,49	2,49
B-003	3,2	3,2	6,4
B-004	4,5	4,5	9
B-005	5,2	5,2	10,4
B-006	4,48	4,48	4,48
B-007	2,54	2,54	2,54
B-008	4,48	4,48	4,48
B-009	3,46	3,46	3,46
B-010	2,25	2,25	2,25
Tornillería	6	6	6
Tratamientos	20	20	20
TOTAL	69,99	69,99	82,89

10.4- ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN

Para estimar los tiempos de programación de cada pieza, se ha consultado con 2 torneros fresadores con varios años de experiencia profesional. La Varilla B-006, el tubo B-004 y las galgas B-003 no se incluyen en los tiempos de programación ya que no es necesaria ninguna mecanización excepto el corte, en cuyo caso el tiempo sería igual a cero.

1. Soporte Galga Móvil, Pieza B-001 (Fig.5) **1h 30min**

Es la pieza mas complicada, el programa costaría alrededor de 1 hora 30 minutos, y el mecanizado de la pieza de unas 5 horas.

2. Soporte Galga Fijo, Pieza B-002 (Fig.6) **45min**

El programa costaría alrededor de 45 minutos, y el mecanizado unas tres horas. El vaciado de la pieza de 12x12mm habría que hacerlo mediante electroerosión o al agua.

3. Guía Varilla, Pieza B-006 (Fig.6) **30min**

El programa 30 minutos y el mecanizado unas 2 horas, esta pieza lleva una parte de torno para dejar los diámetros de 27 y 22 acabados, y el vaciado 12x12 habría que hacerlo mediante electroerosión o al agua.

7. Pomo Bastón, Pieza B-007 (Fig.8) **30min**

Lo único que se puede fresar es el cuadrado de 10x10 del pomo y costaría unos 15 minutos y el programa 5 minutos

8. Tapón Bastón, Pieza B-008 (Fig.8) **25min****9. Puente Fijación, Pieza B-009 (Fig.9)** **15min****10. Casquillo Freno, Pieza B-010 (Fig.10)** **10min**

11.-COSTE DE PRODUCCIÓN POR LOTES

En el apartado 4.2 se establecieron los lotes de fabricación del bastón, condicionados directamente por las condiciones de suministro de los materiales. Tal y como se explica en ese apartado 4.2 los lotes de fabricación son los siguientes:

Lote 1: 6 Unidades.

Lote 2: 12 Unidades.

Lote 3: 18 Unidades.

Lote 4: 24 Unidades.

Lote 5: 48 Unidades.

Lote 6: 64 Unidades.

Los precios para estos lotes se exponen a continuación en la siguiente tabla.

LOTE	BASTÓN 700mm.	BASTÓN 1000mm.	BASTÓN 2000mm.
6	419,94 €	419,94 €	497,34 €
12	839,88 €	839,88 €	994,68 €
18	1259,82 €	1259,82 €	1492,02 €
24	1679,76 €	1679,76 €	1989,36 €
48	3359,52 €	3359,52 €	3978,72 €
64	4479,36 €	4479,36 €	5304,96 €

12.-POSIBLES MEJORAS Y MODIFICACIONES

Un factor decisivo en el desarrollo de cualquier diseño mecánico es el material que se va a utilizar. En el apartado 6 “Elección de Materiales” se explica los materiales utilizados y sus propiedades, pero hay infinidad de posibilidades para este proyecto.

El peso es un factor especialmente importante en este tipo de diseños, en este caso, se trata de un instrumento de medida con lo que los materiales utilizados deben ser entre otras cosas lo mas ligeros posibles pero a su vez deben ser lo suficientemente resistentes como para no acortar la vida del instrumento.

En términos generales se puede estimar una densidad media del latón de unos 8.4 g/cm^3 , y del mismo modo aunque varía mucho en función del tipo de aluminio y su aleación, se puede estimar una densidad media del aluminio de unos 2.7 g/cm^3 ; Como se puede apreciar, la densidad del aluminio es sensiblemente menor que la del latón, aproximadamente 3,1 veces menor, y con ello el peso de los materiales contruidos con Aluminio en lugar de con latón. Si se utilizara Aluminio en lugar de latón se obtendría un peso del conjunto bastante mas bajo, pero esta decisión será mas perjudicial que beneficiosa ya que con ello el precio se incrementaría y el producto quedaría totalmente fuera de lugar.

También se vería perjudicado el diseño teniendo en cuenta que el Aluminio es mas blando que el latón y posee una resistencia mecánica mas baja, esto causaría un desgaste prematuro en los elementos fabricados en aluminio y también produciría unos errores de medición mayores al ser susceptibles de una mayor deformación.

Por esta misma causa se han descartado otros materiales como el polipropileno o el polietileno, que aún teniendo unos pesos mucho menores que el latón no ofrecen buenas propiedades mecánicas y perjudican los ajustes y la precisión de éstos.

Una posible mejora que podría llevarse a cabo en el desarrollo del bastón podría ser el alargamiento de la pieza B-001 “Soporte de Galga móvil”, con esto se conseguiría reducir las oscilaciones entre el conjunto que forman las piezas B-001 y B-004, reduciendo así el error que se produce al realizar mediciones.

Otro cambio similar se podría realizar en la Guía de varilla B-006, de esta manera se aumentaría la superficie de contacto entre el conjunto formado por la Guía B-006 y la Varilla B-005, y se podría aumentar también la distancia entre los tornillos de sujeción de la Guía de varilla B-006. Se reduciría el ángulo formado entre ambas en el supuesto de giro, disminuyendo así el juego máximo entre ambas piezas y reduciendo el error de medición.

La idealización de esto sería alargar la Guía de varilla a lo largo de toda la longitud del tubo B-004, de esta manera se conseguiría el ajuste óptimo pero encarecería infinitamente el proceso de fabricación y la realidad no coincide con la teoría en este caso ya que cuanto más larga sea la longitud menos precisión se consigue mediante la electroerosión, y el número de pasadas que el hilo tiene que dar aumenta exponencialmente con dicha longitud.

Otra modificación que se podría realizar sería modificar el tipo de ajuste. En estos niveles de precisión en el ajuste, cualquier variación por mínima que sea supone un cambio económico significativo. Como ya se vio anteriormente el tipo de ajuste es $H7h6^{+18}_{-11}$ y el juego máximo que se puede dar entre el eje y el agujero es de 29 micras; con un mínimo cambio para llegar a tener un ajuste $H7g6^{+18}_{-17}$ seguiría siendo un ajuste fino deslizante, y se obtendría un juego máximo de 35 micras y el coste variaría ligeramente ya que el nivel de precisión en el acabado es algo inferior. Por otro lado, esto dará lugar a errores de medición más grandes y ampliaría la zona de incertidumbre del instrumento.

El siguiente ajuste fino deslizante sería un $H7f6^{+18}_{-27}$ que originaría un juego máximo de 45 micras, este juego es inaceptable para un instrumento de medida de precisión por lo que todos los ajustes menos finos quedan descartados.

El diseño de la pieza B-008 “Tapón Bastón” se puede modificar para ahorrar material sin afectar al montaje siempre y cuando se respete la parte cuadrada que ajusta con apriete con la varilla B-005, esto no supone un cambio representativo en el precio ya que la el tapón B-008 tiene un coste de 2.54 € El diseño que se ha elegido es muy simple de mecanizar ya que todo se puede torneear excepto la parte de la zona cuadrada que habría que fresarla.

13.-CONCLUSIÓN FINAL

En este proyecto se ha diseñado un bastón zoométrico para medir animales con una longitud máxima de 2000 mm y cometer un error de medición inferior a 0.2509523mm.

Se han establecido 3 tamaños de bastones zoométricos 700, 1000 y 2000 mm que abarcan los animales mas comunes.

Se ha hecho un estudio estableciendo el coste de materiales de cada pieza y cada tamaño de bastón concluyendo que los precios de materiales son de 69.99€, 69.99€ y 82.89€ para los tamaños de 700, 1000 y 2000 mm respectivamente.

Se han estimado los tiempos de programación en 4horas y 35minutos para todas las piezas que componen el bastón.

Se han definido seis lotes de 6, 12, 18, 24, 48 y 64 unidades en función de las condiciones de suministro de material para estudiar costes de producción de cada tamaño de bastón como se puede ver en la tabla del apartado N°11 en la página 45.

13.1 BASTON DE 700mm



Rango de medida: 0-700mm
 Resolución: 0.5mm
 Error máximo de medida: 0.2509523mm
 Dimensiones: 700x300mm Ø25
 Coste de materiales:

PIEZA	BASTÓN 700mm.
B-001	11,39
B-002	2,49
B-003	3,2
B-004	4,5
B-005	5,2
B-006	4,48
B-007	2,54
B-008	4,48
B-009	3,46
B-010	2,25
Tornillería	6
Tratamientos	20
TOTAL	69,99

Coste de los lotes:

LOTE	BASTÓN 700mm.
6	419,94
12	839,88
18	1259,82
24	1679,76
48	3359,52
64	4479,36

13.2 BASTON DE 1000mm



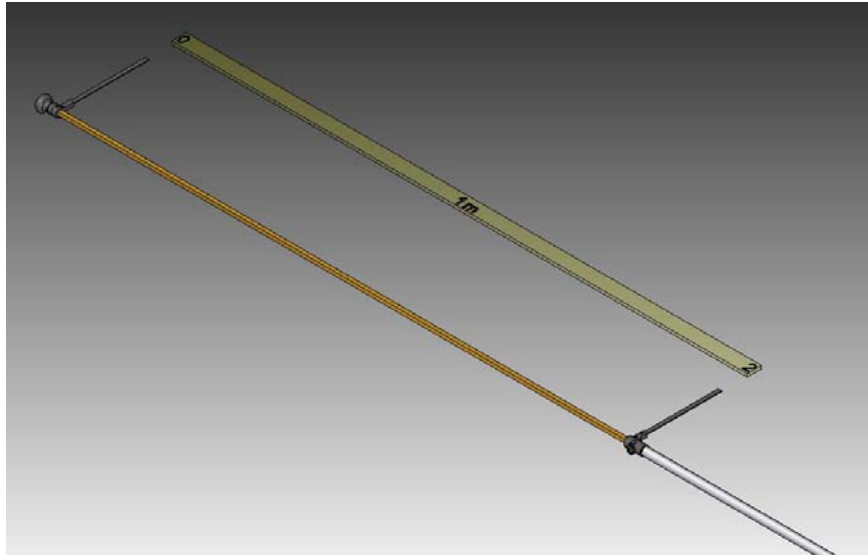
Rango de medida: 0-1000mm
 Resolución: 0.5mm
 Error máximo de medida: 0.2509523mm
 Dimensiones: 1000x300mm Ø25
 Coste de materiales:

PIEZA	BASTÓN 1000mm.
B-001	11,39
B-002	2,49
B-003	3,2
B-004	4,5
B-005	5,2
B-006	4,48
B-007	2,54
B-008	4,48
B-009	3,46
B-010	2,25
Tornillería	6
Tratamientos	20
TOTAL	69,99

Coste de los lotes:

LOTE	BASTÓN 700mm.
6	419,94
12	839,88
18	1259,82
24	1679,76
48	3359,52
64	4479,36

13.3 BASTON DE 2000mm



Rango de medida: 0-2000mm
 Resolución: 0.5mm
 Error máximo de medida: 0.2509523mm
 Dimensiones: 2000x300mm Ø25
 Coste de materiales:

PIEZA	BASTÓN 2000mm
B-001	11.39
ºB-002	2.49
B-003	6.4
B-004	9
B-005	10.4
B-006	4.48
B-007	2.54
B-008	4.48
B-009	3.46
B-010	2.25
Tornillería	6
Tratamientos	20
TOTAL	82.89

Coste de los lotes:

LOTE	BASTÓN 700mm.
6	497.34
12	994.68
18	1492.02
24	1989.36
48	3978.72
64	5304.96

14.- ANEXOS

14.1- FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS

- Información Técnica sobre el Dural:
<http://www.goodfellow.com/S/Dural-Aluminio-Cobre-Magnesio.html>
- Apuntes de la asignatura *Tecnología mecánica I. Metrología e Ingeniería de la calidad*, de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica.
- Tecnología del Instrumental de control, J.Blanco A., ediciones CEDEL 1980
- Dibujo Técnico, Bachmann-Forberg, editorial Labor S.A
- Tolerancias ajustes y calibres, Abelardo García Mateos, ediciones URMO

14.2- TABLAS

Tubos Redondos de Acero Inoxidable con soldadura para usos generales. Dimensiones métricas.


Ejecución según DIN-17455. Tolerancias dimensionales según ISO-1127

DIAMETROS mm ext.x int.	Esp.	PESO kg/m	CALIDADES	
			304	316/316L
6 x 4	1	0,125	+	+
8 x 6	1	0,175	+	+
10 x 8	1	0,225	+	+
12 x 10	1	0,275	+	+
13 x 10	1,5	0,456	+	+
14 x 12	1	0,325	+	+
15 x 12	1,5	0,506	+	+
16 x 14	1	0,376	+	+
16 x 13	1,5	0,545	+	+
18 x 16	1	0,426	+	+
18 x 15	1,5	0,619	+	+
20 x 18	1	0,480	+	+
20 x 17	1,5	0,700	+	+
22 x 19	1,5	0,790	+	+
23 x 20	1,5	0,907	+	+
25 x 23	1	0,600	□	□
25,4 x 22,9	1,25	0,720	+	+
25 x 22	1,5	0,883	+	+
26 x 23	1,5	0,990	+	+
28 x 25	1,5	1,000	+	+
30 x 27	1,5	1,070	+	+
33 x 30	1,5	1,170	+	+
35 x 32	1,5	1,260	+	+
38 x 35	1,5	1,360	+	□
40 x 38	1	0,992	□	□
43 x 40,6	1,2	1,248	+	+
43 x 40	1,5	1,560	+	+
44 x 40	2	2,100	+	+
50,8 x 47,8	1,5	1,850	+	+
53 x 50	1,5	1,920	+	+
63 x 60	1,5	2,400	+	+
73 x 70	1,5	2,702	+	+
76 x 73	1,5	2,780	+	+
84 x 80	2	4,132	+	+
104 x 100	2	5,070	+	+
129 x 125	2	6,400	+	+

DIAMETROS mm ext.x int.	Esp.	PESO kg/m	CALIDADES	
			304	316/316L
154 x 150	2	7,760	+	+
204 x 200	2	10,180	+	+
254 x 250	2	12,700	+	+
256 x 250	3	18,900	+	+
304 x 300	2	15,000	+	+
306 x 300	3	22,600	+	+
354 x 350	2	17,500	+	+
356 x 350	3	26,300	+	+
406 x 400	3	30,000	+	+
408 x 400	4	40,200	+	+
456 x 450	3	33,800	+	+
458 x 450	4	45,100	+	+
506 x 500	3	37,500	+	+
508 x 500	4	50,100	+	+

● Existencia permanente
 □ Sobre demanda

Acabados de entrega
 — Decapados o lijados según medida.
 — Pulidos brillantes, esmerilados y satinados con protección plástica.
 — Existencia permanente desde 8 x 1 a 154 x 2.
 — Con tratamiento térmico, desde 6 x 1 a 154 x 2, sobre demanda.



DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOOMÉTRICO Y SUS GAMAS

DESDE	HASTA	h8	h9	h10	h11
>1	3	-0,014	-0,025	-0,040	-0,060
>3	6	-0,018	-0,030	-0,048	-0,075
>6	10	-0,022	-0,036	-0,058	-0,090
>10	18	-0,027	-0,043	-0,070	-0,110
>18	30	-0,033	-0,052	-0,084	-0,130
>30	50	-0,039	-0,062	-0,100	-0,160
>50	80	-0,046	-0,074	-0,120	-0,190

Tabla de Tolerancias dimensionales según ISO 286-2.

Medida mm	REDONDAS			HEXAGONALES			CUADRADAS		
	Sección mm ²	Latón	Cobre	Sección mm ²	Latón	Cobre	Sección mm ²	Latón	Cobre
		Peso Kg/m	Peso Kg/m		Peso Kg/m	Peso Kg/m		Peso Kg/m	Peso Kg/m
3	7,07	0,058	0,063	7,79	0,066	0,069	9	0,076	0,080
4	12,57	0,103	0,111	13,86	0,118	0,123	16	0,136	0,142
5	19,63	0,161	0,174	21,65	0,184	0,192	25	0,212	0,222
6	28,27	0,232	0,251	31,18	0,265	0,277	36	0,306	0,320
7	38,48	0,316	0,342	42,44	0,361	0,377	49	0,416	0,436
8	50,27	0,412	0,447	55,43	0,471	0,493	64	0,544	0,569
9	63,62	0,522	0,566	70,15	0,596	0,624	81	0,688	0,721
10	78,54	0,644	0,699	86,60	0,736	0,770	100	0,850	0,890
11	95,03	0,779	0,854	104,80	0,891	0,932	121	1,030	1,076
12	113,10	0,927	1,006	124,70	1,060	1,109	144	1,220	1,281
13	132,70	1,090	1,181	146,13	1,240	1,300	169	1,430	1,504
14	153,90	1,260	1,369	169,70	1,440	1,510	196	1,670	1,744
15	176,70	1,450	1,572	195,60	1,670	1,740	225	1,910	2,002
16	201,10	1,650	1,789	221,33	1,880	1,960	256	2,180	2,278
17	227,00	1,860	2,020	250,30	2,130	2,227	289	2,460	2,572
18	254,50	2,090	2,265	280,45	2,400	2,496	324	2,750	2,883
19	283,50	2,330	2,523	312,60	2,660	2,782	361	3,070	3,213
20	314,20	2,580	2,796	346,40	2,960	3,082	400	3,400	3,560
21	346,40	2,840	3,082	381,88	3,240	3,398	441	3,740	3,925
22	380,10	3,120	3,382	419,20	3,560	3,730	484	4,110	4,307
23	415,50	3,410	3,698	458,11	3,890	4,077	529	4,490	4,708
24	452,40	3,710	4,026	498,80	4,240	4,439	576	4,900	5,126
25	490,90	4,030	4,369	541,24	4,630	4,817	625	5,310	5,562

Tabla 1/2 de pesos del latón según forma y medida.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOOMÉTRICO Y SUS GAMAS

25	490,90	4,030	4,369	541,24	4,630	4,817	625	5,310	5,562
26	530,90	4,350	4,725	585,41	4,970	5,210	676	5,750	6,016
27	572,60	4,700	5,096	631,30	5,370	5,618	729	6,200	6,488
28	615,80	5,050	5,480	678,94	5,770	6,042	784	6,660	6,977
29	660,50	5,420	5,878	728,30	6,190	6,481	841	7,140	7,485
30	706,90	5,800	6,291	779,40	6,620	6,936	900	7,650	8,010
31	754,77	6,190	6,717	832,22	7,070	7,406	961	8,160	8,553
32	804,20	6,590	7,157	886,80	7,540	7,892	1024	8,700	9,113
33	855,30	7,010	7,612	943,07	8,010	8,293	1089	9,240	9,692
34	907,90	7,450	8,080	1001,09	8,500	8,909	1156	9,820	10,288
35	962,10	7,890	8,562	1060,84	9,070	9,441	1225	10,410	10,902
36	1018,00	8,350	9,060	1122,00	9,540	9,985	1296	11,000	11,534
37	1075,21	8,810	9,569	1185,55	10,070	10,551	1369	11,630	12,184
38	1134,00	9,300	10,092	1250,50	10,630	11,129	1444	12,270	12,851
39	1195,00	9,800	10,635	1317,18	11,190	11,722	1521	12,920	13,537
40	1257,00	10,300	11,187	1385,59	11,840	12,331	1600	13,600	14,240
45	1590,00	13,000	14,151	1753,64	14,990	15,607	2025	17,210	18,022
50	1963,00	16,100	17,470	2165,00	18,400	19,268	2500	21,200	22,250
55	2376,00	19,500	21,146	2620,00	22,300	23,318	3025	25,700	26,922
60	2827,00	24,000	25,160	3118,00	26,500	27,750	3600	30,600	32,040
65	3318,30	27,210	29,532	3658,85	31,100	32,563	4225	35,910	37,602
70	3848,00	32,700	34,247	4243,39	36,060	37,766	4900	41,650	43,610
75	4417,86	36,220	39,318	4871,25	41,400	43,354	5625	47,810	50,062
80	5027,00	42,700	44,740	5542,39	47,110	49,327	6400	54,400	56,960
85	5674,50	46,530	50,503	6256,85	53,180	55,685	7225	61,410	64,302
90	6361,73	52,160	56,619	7014,60	59,620	62,430	8100	68,850	72,090
95	7088,22	58,120	63,085	7815,65	66,430	69,559	9025	76,710	80,322
100	7854,00	64,400	69,900	8660,00	73,610	77,074	10000	85,000	89,000

Tabla 2/2 de pesos del latón según forma y medida.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOOMÉTRICO Y SUS GAMAS

Extracto de la norma UNE-EN_20286=1996 de tolerancias

Medida nominal mm		Desviación superior es												Valores		
		Todos los grados de tolerancia												IT5 y IT6	IT7	IT8
Por encima	Hasta e incluido	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ²⁾	j		
—	3 ¹⁾	— 270	— 140	— 60	— 34	— 20	— 14	— 10	— 6	— 4	— 2	0	Desviación = $\pm \frac{IT_n}{2}$, donde n es el valor de IT	— 2	— 4	— 6
3	6	— 270	— 140	— 70	— 46	— 30	— 20	— 14	— 10	— 6	— 4	0		— 2	— 4	
6	10	— 280	— 150	— 80	— 56	— 40	— 25	— 18	— 13	— 8	— 5	0		— 2	— 5	
10	14	— 290	— 150	— 95		— 50	— 32		— 16		— 6	0		— 3	— 6	
14	18															
18	24	— 300	— 160	— 110		— 65	— 40		— 20		— 7	0		— 4	— 8	
24	30															
30	40	— 310	— 170	— 120		— 80	— 50		— 25		— 9	0		— 5	— 10	
40	50	— 320	— 180	— 130												
50	65	— 340	— 190	— 140		— 100	— 60		— 30		— 10	0		— 7	— 12	
65	80	— 360	— 200	— 150												
80	100	— 380	— 220	— 170		— 120	— 72		— 36		— 12	0		— 9	— 15	
100	120	— 410	— 240	— 180												
120	140	— 460	— 260	— 200		— 145	— 85		— 43		— 14	0		— 11	— 18	
140	160	— 520	— 280	— 210												
160	180	— 580	— 310	— 230		— 170	— 100		— 50		— 15	0		— 13	— 21	
180	200	— 660	— 340	— 240												
200	225	— 740	— 380	— 260		— 190	— 110		— 56		— 17	0		— 16	— 26	
225	250	— 820	— 420	— 280												
250	280	— 920	— 480	— 300		— 210	— 125		— 62		— 18	0		— 18	— 28	
280	315	— 1 050	— 540	— 330												
315	355	— 1 200	— 600	— 360		— 230	— 135		— 68		— 20	0		— 20	— 32	
355	400	— 1 350	— 680	— 400												
400	450	— 1 500	— 760	— 440		— 260	— 145		— 76		— 22	0				
450	500	— 1 650	— 840	— 480												
500	560					— 290	— 160		— 80		— 24	0				
560	630															
630	710					— 320	— 170		— 86		— 26	0				
710	800															
800	900					— 350	— 195		— 98		— 28	0				
900	1 000															
1 000	1 120					— 390	— 220		— 110		— 30	0				
1 120	1 250															
1 250	1 400					— 430	— 240		— 120		— 32	0				
1 400	1 600															
1 600	1 800					— 480	— 260		— 130		— 34	0				
1 800	2 000															
2 000	2 240					— 520	— 290		— 145		— 38	0				
2 240	2 500															
2 500	2 800															
2 800	3 150															

Valores de las desviaciones fundamentales en micrómetros.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOOMÉTRICO Y SUS GAMAS

IT4 hasta IT7	Hasta IT3 (inclusive) y por encima de IT7	Todos los grados de tolerancia													
		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb
0	0	+ 2	+ 4	+ 6	+ 10	+ 14		+ 18		+ 20		+ 26	+ 32	+ 40	+ 60
+1	0	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	+ 19		+ 23		+ 28		+ 35	+ 42	+ 50	+ 80
+1	0	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	+ 23		+ 28		+ 34		+ 42	+ 52	+ 67	+ 97
+1	0	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23	+ 28		+ 33		+ 40		+ 50	+ 64	+ 90	+ 130
									+ 39	+ 45		+ 60	+ 77	+ 108	+ 150
+2	0	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28	+ 35		+ 41	+ 47	+ 54	+ 63	+ 73	+ 98	+ 136	+ 188
							+ 41	+ 48	+ 55	+ 64	+ 75	+ 88	+ 118	+ 160	+ 218
+2	0	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34	+ 43		+ 48	+ 60	+ 68	+ 80	+ 94	+ 112	+ 148	+ 200
							+ 54	+ 70	+ 81	+ 97	+ 114	+ 136	+ 180	+ 242	+ 325
+2	0	+11	+ 20	+ 32	+ 41	+ 53	+ 66	+ 87	+102	+122	+ 144	+ 172	+ 226	+ 300	+ 405
					+ 43	+ 59	+ 75	+ 102	+120	+146	+ 174	+ 210	+ 274	+ 360	+ 480
+3	0	+13	+ 23	+ 37	+ 51	+ 71	+ 91	+ 124	+146	+178	+ 214	+ 258	+ 335	+ 445	+ 585
					+ 54	+ 79	+ 104	+ 144	+172	+210	+ 254	+ 310	+ 400	+ 525	+ 690
+3	0	+15	+ 27	+ 43	+ 63	+ 92	+ 122	+ 170	+202	+248	+ 300	+ 365	+ 470	+ 620	+ 800
					+ 65	+ 100	+ 134	+ 190	+228	+280	+ 340	+ 415	+ 535	+ 700	+ 900
					+ 68	+ 108	+ 146	+ 210	+252	+310	+ 380	+ 465	+ 600	+ 780	+1 000
					+ 77	+ 122	+ 166	+ 236	+284	+350	+ 425	+ 520	+ 670	+ 880	+1 150
+4	0	+17	+ 31	+ 50	+ 80	+ 130	+ 180	+ 258	+310	+385	+ 470	+ 575	+ 740	+ 960	+1 250
					+ 84	+ 140	+ 196	+ 284	+340	+425	+ 520	+ 640	+ 820	+1 050	+1 350
+4	0	+20	+ 34	+ 56	+ 94	+ 158	+ 218	+ 315	+385	+475	+ 580	+ 710	+ 920	+1 200	+1 550
					+ 98	+ 170	+ 240	+ 350	+425	+525	+ 650	+ 790	+1 000	+1 300	+1 700
+4	0	+21	+ 37	+ 62	+108	+ 190	+ 268	+ 390	+475	+590	+ 730	+ 900	+1 150	+1 500	+1 900
					+114	+ 208	+ 294	+ 435	+530	+660	+ 820	+1 000	+1 300	+1 650	+2 100
+5	0	+23	+ 40	+ 68	+126	+ 232	+ 330	+ 490	+595	+740	+ 920	+1 100	+1 450	+1 850	+2 400
					+132	+ 252	+ 360	+ 540	+660	+820	+1 000	+1 250	+1 600	+2 100	+2 600
0	0	+26	+ 44	+ 78	+150	+ 280	+ 400	+ 600							
					+155	+ 310	+ 450	+ 660							
0	0	+30	+ 50	+ 88	+175	+ 340	+ 500	+ 740							
					+185	+ 380	+ 560	+ 840							
0	0	+34	+ 56	+100	+210	+ 430	+ 620	+ 940							
					+220	+ 470	+ 680	+1 050							
0	0	+40	+ 66	+120	+250	+ 520	+ 780	+1 150							
					+260	+ 580	+ 840	+1 300							
0	0	+48	+ 78	+140	+300	+ 640	+ 960	+1 450							
					+330	+ 720	+1 050	+1 600							
0	0	+58	+ 92	+170	+370	+ 820	+1 200	+1 850							
					+400	+ 920	+1 350	+2 000							
0	0	+68	+110	+195	+440	+1 000	+1 500	+2 300							
					+460	+1 100	+1 650	+2 500							
0	0	+76	+135	+240	+550	+1 250	+1 900	+2 900							
					+580	+1 400	+2 100	+3 200							

Valores de las desviaciones fundamentales en micrómetros.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOMÉTRICO Y SUS GAMAS

Medida nominal mm		Desviación interior: <i>EI</i>													Valores						
		Todos los grados de tolerancia													IT6	IT7	IT8	Hasta IT8 (inclusive)	Por encima de IT8	Hasta IT8 (inclusive)	Por encima de IT8
Por encima	Hasta e incluido	A ¹⁾	B ¹⁾	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS ²⁾	J		K ³⁾		M ^{3) 4)}			
—	3 ^{1) 5)}	+ 270	+ 140	+ 60	+ 34	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	+ 2	0	Desviación = $\pm \frac{IT_n}{2}$, donde <i>n</i> es el valor de IT	+ 2	+ 4	+ 6	0	0	— 2	— 2	
3	6	+ 270	+ 140	+ 70	+ 46	+ 30	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	0		+ 5	+ 6	+ 10	— 1 + Δ		— 4 + Δ	— 4	
6	10	+ 280	+ 150	+ 80	+ 56	+ 40	+ 25	+ 18	+ 13	+ 8	+ 5	0		+ 5	+ 8	+ 12	— 1 + Δ		— 6 + Δ	— 6	
10	14	+ 290	+ 150	+ 95		+ 50	+ 32		+ 16		+ 6	0		+ 6	+ 10	+ 15	— 1 + Δ		— 7 + Δ	— 7	
14	18																				
18	24	+ 300	+ 160	+ 110		+ 65	+ 40		+ 20		+ 7	0		+ 8	+ 12	+ 20	— 2 + Δ		— 8 + Δ	— 8	
24	30																				
30	40	+ 310	+ 170	+ 120		+ 80	+ 50		+ 25		+ 9	0		+ 10	+ 14	+ 24	— 2 + Δ		— 9 + Δ	— 9	
40	50	+ 320	+ 180	+ 130																	
50	65	+ 340	+ 190	+ 140		+ 100	+ 60		+ 30		+ 10	0		+ 13	+ 18	+ 28	— 2 + Δ		— 11 + Δ	— 11	
65	80	+ 360	+ 200	+ 150																	
80	100	+ 380	+ 220	+ 170		+ 120	+ 72		+ 36		+ 12	0		+ 16	+ 22	+ 34	— 3 + Δ		— 13 + Δ	— 13	
100	120	+ 410	+ 240	+ 180																	
120	140	+ 460	+ 260	+ 200																	
140	160	+ 520	+ 280	+ 210		+ 145	+ 85		+ 43		+ 14	0		+ 18	+ 26	+ 41	— 3 + Δ		— 15 + Δ	— 15	
160	180	+ 580	+ 310	+ 230																	
180	200	+ 660	+ 340	+ 240																	
200	225	+ 740	+ 380	+ 260		+ 170	+ 100		+ 50		+ 15	0		+ 22	+ 30	+ 47	— 4 + Δ		— 17 + Δ	— 17	
225	250	+ 820	+ 420	+ 280																	
250	280	+ 920	+ 480	+ 300		+ 190	+ 110		+ 56		+ 17	0		+ 25	+ 36	+ 55	— 4 + Δ		— 20 + Δ	— 20	
280	315	+ 1 050	+ 540	+ 330																	
315	355	+ 1 200	+ 600	+ 360		+ 210	+ 125		+ 62		+ 18	0		+ 29	+ 39	+ 60	— 4 + Δ		— 21 + Δ	— 21	
355	400	+ 1 350	+ 680	+ 400																	
400	450	+ 1 500	+ 760	+ 440		+ 230	+ 135		+ 68		+ 20	0		+ 33	+ 43	+ 66	— 5 + Δ		— 23 + Δ	— 23	
450	500	+ 1 650	+ 840	+ 480																	
500	560					+ 260	+ 145		+ 76		+ 22	0					0		— 26		
560	630																				
630	710					+ 290	+ 160		+ 80		+ 24	0					0		— 30		
710	800																				
800	900					+ 320	+ 170		+ 86		+ 26	0					0		— 34		
900	1 000																				
1 000	1 120					+ 350	+ 195		+ 98		+ 28	0				0		— 40			
1 120	1 250																				
1 250	1 400					+ 390	+ 220		+ 110		+ 30	0				0		— 48			
1 400	1 600																				
1 600	1 800					+ 430	+ 240		+ 120		+ 32	0				0		— 58			
1 800	2 000																				
2 000	2 240					+ 480	+ 260		+ 130		+ 34	0				0		— 68			
2 240	2 500																				
2 500	2 800					+ 520	+ 290		+ 145		+ 38	0				0		— 76			
2 800	3 150																				

Valores numéricos de las desviaciones fundamentales en micrómetros.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOMÉTRICO Y SUS GAMAS

de las desviaciones fundamentales															Valores de Δ						
Desviación superior ES																					
Hasta IT8 (inclusive)	Por encima de IT8	Hasta IT7 (inclusive)	Grados de tolerancia superiores a IT7												Grados de tolerancia						
N 3/5)		P a ZC 3)	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	
- 4	- 4	Valores como en los grados de tolerancia superiores a IT7 incrementados en Δ	- 6	- 10	- 14		- 18		- 20		- 26	- 32	- 40	- 60	0	0	0	0	0	0	
- 8 + Δ	0		- 12	- 15	- 19		- 23		- 28		- 35	- 42	- 50	- 80	1	1,5	1	3	4	6	
- 10 + Δ	0		- 15	- 19	- 23		- 28		- 34		- 42	- 52	- 67	- 97	1	1,5	2	3	6	7	
- 12 + Δ	0		- 18	- 23	- 28		- 33	- 39	- 45		- 60	- 77	- 108	- 150	1	2	3	3	7	9	
- 15 + Δ	0		- 22	- 28	- 35	- 41	- 48	- 55	- 64	- 75	- 88	- 118	- 160	- 218	1,5	2	3	4	8	12	
- 17 + Δ	0		- 26	- 34	- 43	- 48	- 60	- 68	- 80	- 94	- 112	- 148	- 200	- 274	1,5	3	4	5	9	14	
- 20 + Δ	0		- 32	- 41	- 53	- 66	- 87	- 102	- 122	- 144	- 172	- 226	- 300	- 405	2	3	5	6	11	16	
- 23 + Δ	0		- 37	- 43	- 59	- 75	- 102	- 120	- 146	- 174	- 210	- 274	- 360	- 480	2	4	5	7	13	19	
- 27 + Δ	0		- 43	- 51	- 71	- 91	- 124	- 146	- 178	- 214	- 258	- 336	- 445	- 585	3	4	6	7	15	23	
- 31 + Δ	0		- 50	- 54	- 79	- 104	- 144	- 172	- 210	- 254	- 310	- 400	- 525	- 690	3	4	6	9	17	26	
- 34 + Δ	0		- 56	- 63	- 92	- 122	- 170	- 202	- 248	- 300	- 365	- 470	- 620	- 800	4	4	7	9	20	29	
- 37 + Δ	0		- 62	- 68	- 108	- 146	- 210	- 252	- 310	- 380	- 465	- 600	- 780	- 1 000	4	5	7	11	21	32	
- 40 + Δ	0		- 68	- 77	- 122	- 166	- 236	- 284	- 350	- 425	- 520	- 670	- 880	- 1 150	5	5	7	13	23	34	
			- 78	- 80	- 130	- 180	- 258	- 310	- 385	- 470	- 575	- 740	- 960	- 1 250							
- 44			- 88	- 84	- 140	- 196	- 284	- 340	- 425	- 520	- 640	- 820	- 1 050	- 1 350							
- 50			- 100	- 94	- 158	- 218	- 315	- 385	- 475	- 580	- 710	- 920	- 1 200	- 1 550							
- 56			- 120	- 98	- 170	- 240	- 350	- 425	- 525	- 650	- 790	- 1 000	- 1 300	- 1 700							
- 66			- 140	- 108	- 190	- 268	- 390	- 475	- 590	- 730	- 900	- 1 150	- 1 500	- 1 900							
- 78			- 160	- 114	- 208	- 294	- 435	- 530	- 660	- 820	- 1 000	- 1 300	- 1 650	- 2 100							
- 92			- 180	- 126	- 232	- 330	- 490	- 595	- 740	- 920	- 1 100	- 1 450	- 1 850	- 2 400							
- 110			- 200	- 132	- 252	- 360	- 540	- 660	- 820	- 1 000	- 1 250	- 1 600	- 2 100	- 2 600							
- 135			- 240	- 150	- 280	- 400	- 600														
			- 240	- 155	- 310	- 450	- 660														
			- 240	- 175	- 340	- 500	- 740														
		- 240	- 185	- 380	- 560	- 840															
		- 240	- 210	- 430	- 620	- 940															
		- 240	- 220	- 470	- 680	- 1 050															
		- 240	- 250	- 520	- 780	- 1 150															
		- 240	- 260	- 580	- 840	- 1 300															
		- 240	- 300	- 640	- 960	- 1 450															
		- 240	- 330	- 720	- 1 050	- 1 600															
		- 240	- 370	- 820	- 1 200	- 1 850															
		- 240	- 400	- 920	- 1 350	- 2 000															
		- 240	- 440	- 1 000	- 1 500	- 2 300															
		- 240	- 460	- 1 100	- 1 650	- 2 500															
		- 240	- 550	- 1 250	- 1 900	- 2 900															
		- 240	- 580	- 1 400	- 2 100	- 3 200															

Valores numéricos de las desviaciones fundamentales en micrómetros.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y COSTES DE UN BASTÓN ZOMÉTRICO Y SUS GAMAS

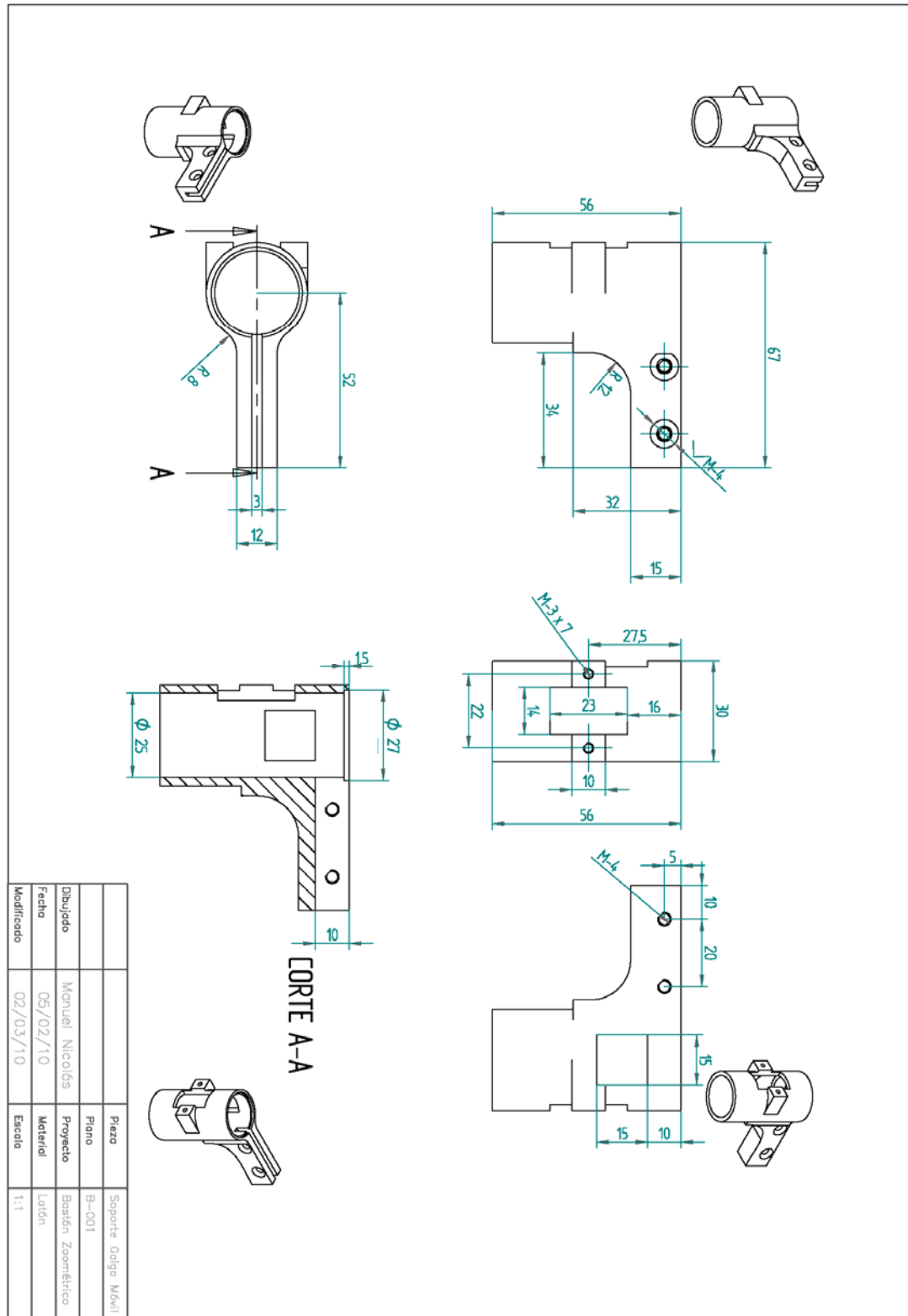
Medida nominal mm		Grados de tolerancias normalizadas																	
Por encima	Hasta e incluido	IT1 ²⁾	IT2 ²⁾	IT3 ²⁾	IT4 ²⁾	IT5 ²⁾	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ³⁾	IT15 ³⁾	IT16 ³⁾	IT17 ³⁾	IT18 ³⁾
		Tolerancias																	
		μm										mm							
—	3 ³⁾	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630 ²⁾	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800 ²⁾	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000 ²⁾	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250 ²⁾	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600 ²⁾	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000 ²⁾	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500 ²⁾	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150 ²⁾	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

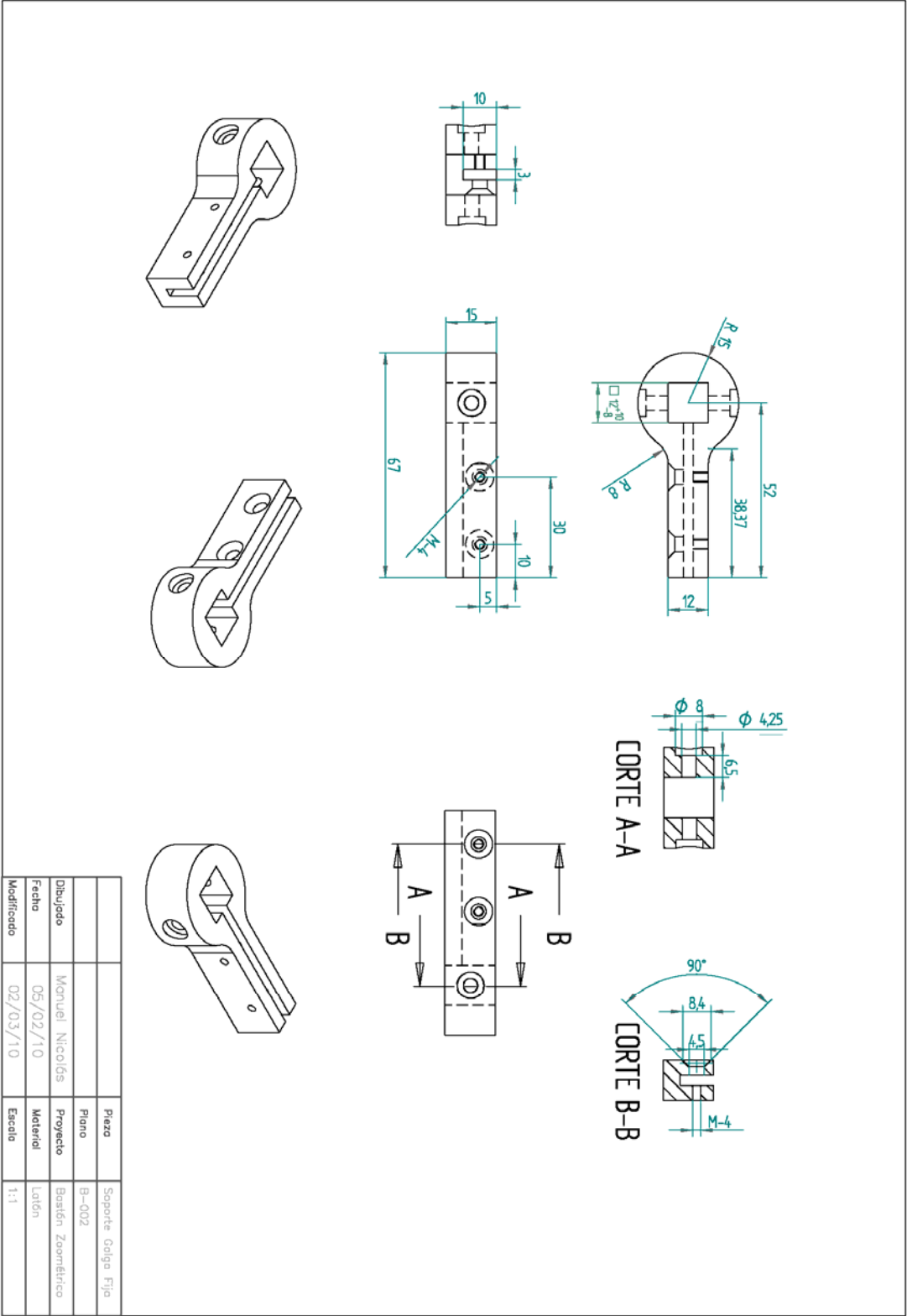
Valores numéricos de los grados de tolerancia normalizados IT para las medidas nominales inferiores o iguales a 3 150mm.

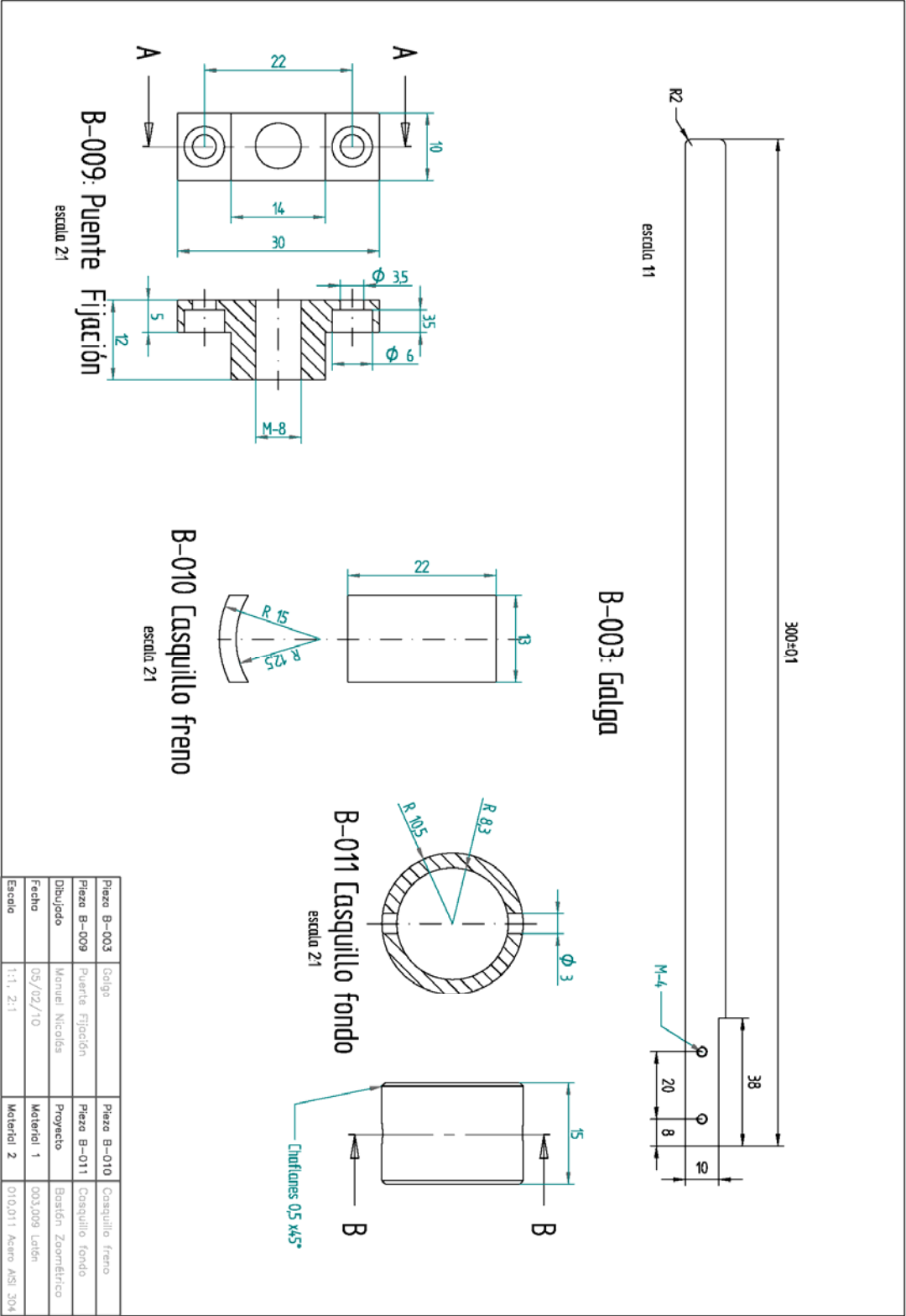
Ajustes seleccionados y preferentes.							Características	Aplicaciones
Tipo	Calidad Superficial	Agujero base		Eje base		Clase		
		Agujero	Eje	Eje	Agujero			
Fino	N5 + N8	H7	s6 / r6	h6	S7 / R7	Prensado	Montaje a presión No seguro de giro	Casquillos y coronas de bronce, acoplamiento en extremos de ejes, etc.
			u6		U7	Forzado duro	Montaje difícil Seguro de giro	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, collares calados sobre ejes, etc.
			k6		K7	Forzado medio	Montaje martillo Seguro de giro y deslizamiento	Rodamientos a bolas, discos de excéntrica, poleas y volantes, manivelas, etc.
			j6		J7	Forzado ligero	Montaje a mano Ambos seguros	Piezas de máquinas herramientas y otras desmontables con frecuencia, etc.
			h6		H7	Deslizante		Engranajes de cambios de velocidad, piezas importantes de máquinas herramientas, etc.
			g6		G7	Giratorio	Juego pequeño	Émbolos, bridas, collares de retención, anillos de rodamientos, etc.
			f7		F8	Holgado	Juego mediano	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas de cajas de cambios, etc.
Medio	N9	H8	h9	h9	H9	Deslizante		poleas fijas, manivelas y acoplamiento deslizantes sobre el eje, etc.
			e8		E9	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas ventiladores, etc.
			d9		D10	Holgado	Juego amplio	Soporte de ejes, poleas locas, piezas de centrado, etc.
Basto	N10 + N11	H11	h11	h11	H11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola, piezas de distancia, etc.
			d9		D10	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas y manivelas desmontables, etc.
			e11		E11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores ejes, de interruptores, etc.
			a11		A11	Muy holgado		Piezas de locomotoras, cojinetes de ejes de freno, etc.

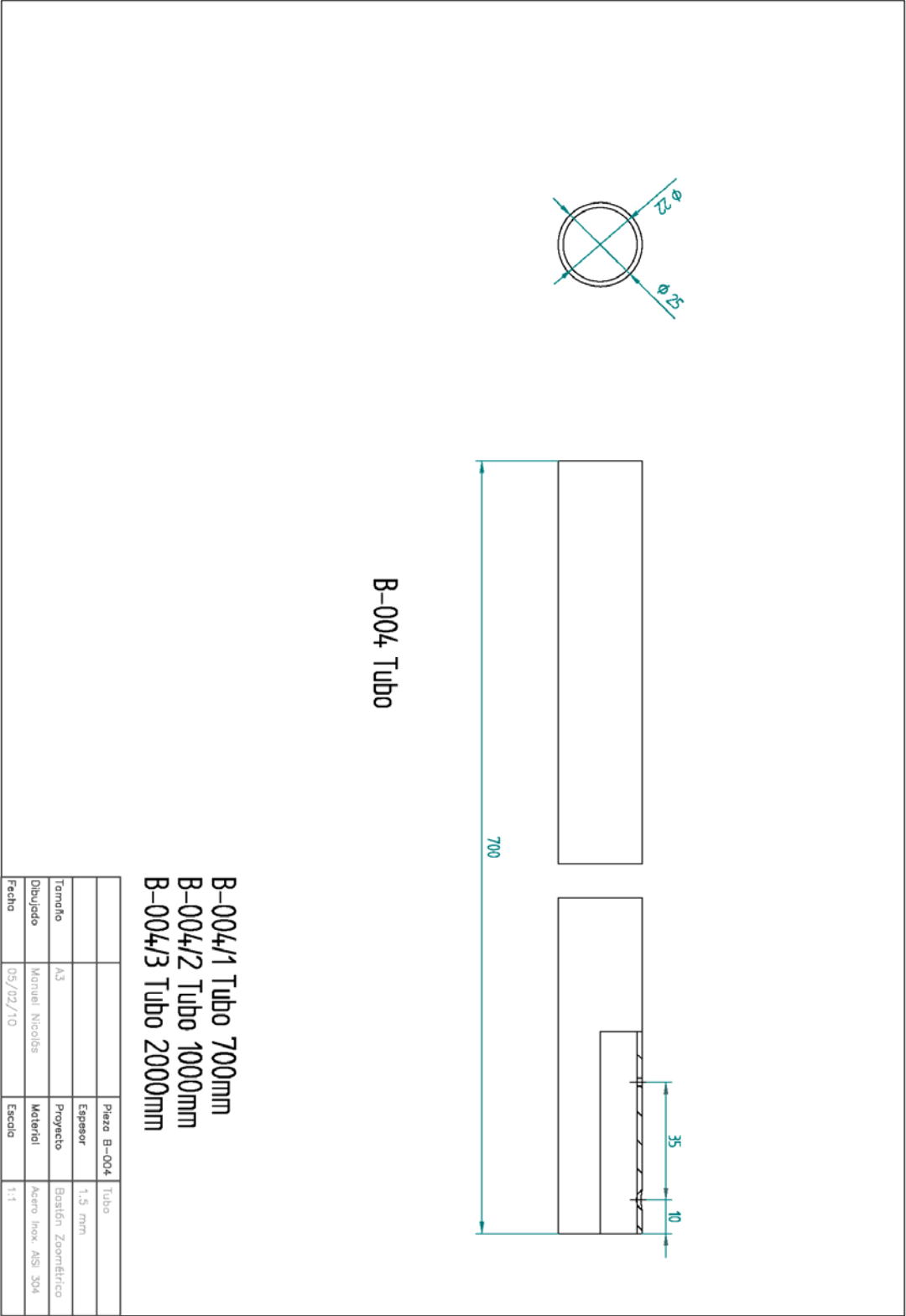
Tabla de ajustes y preferencias.

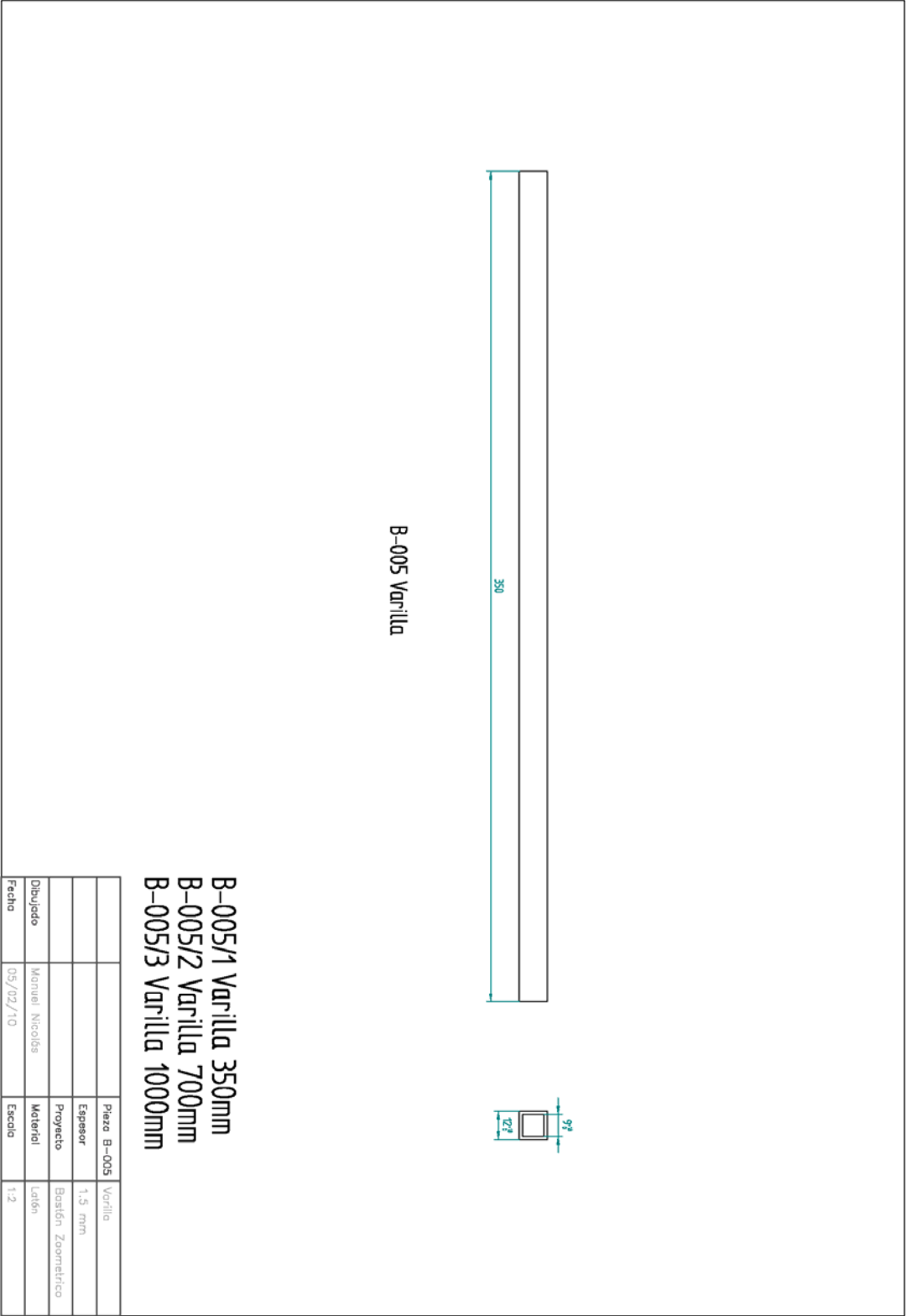
14.3- PLANOS DE FABRICACIÓN

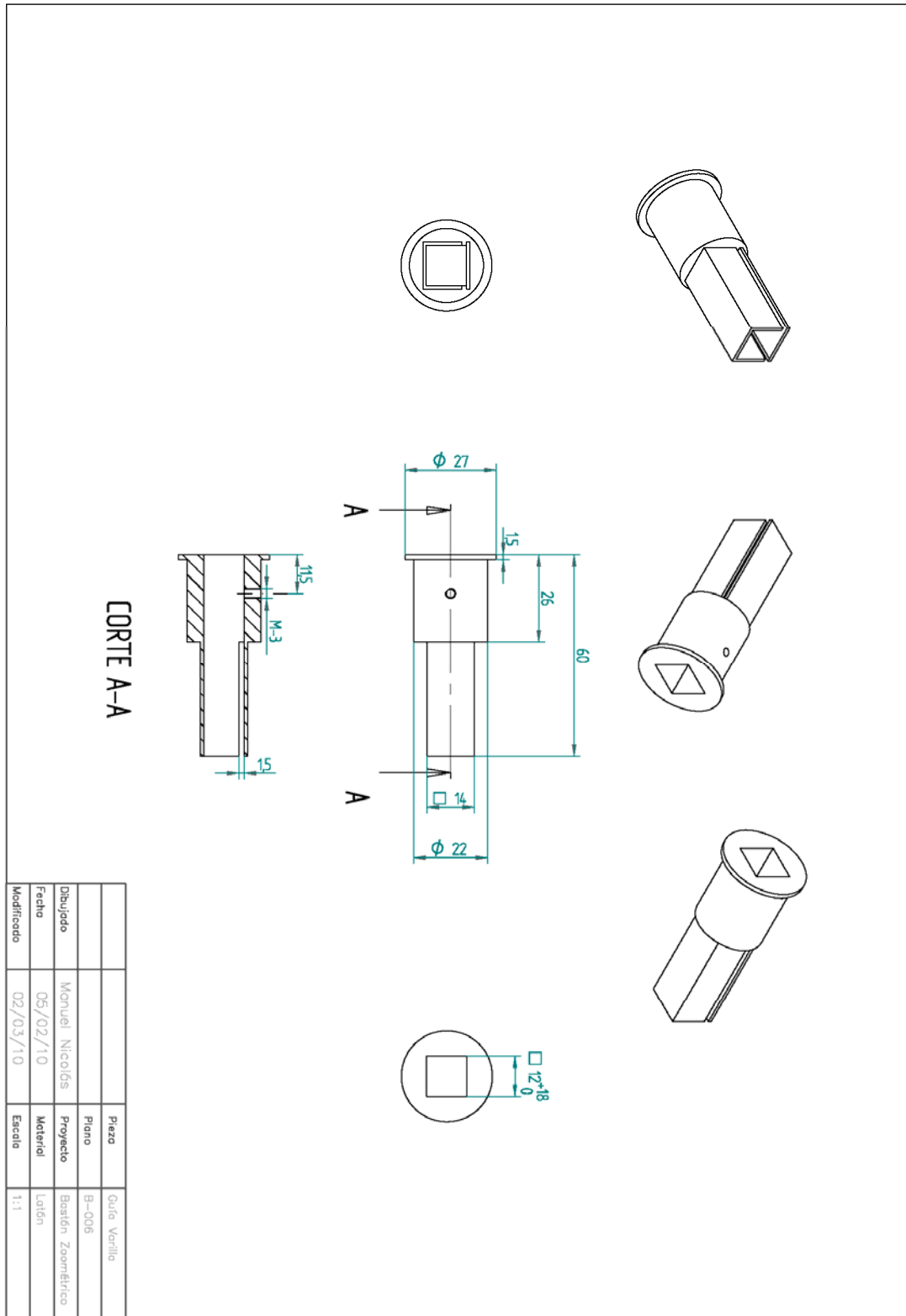


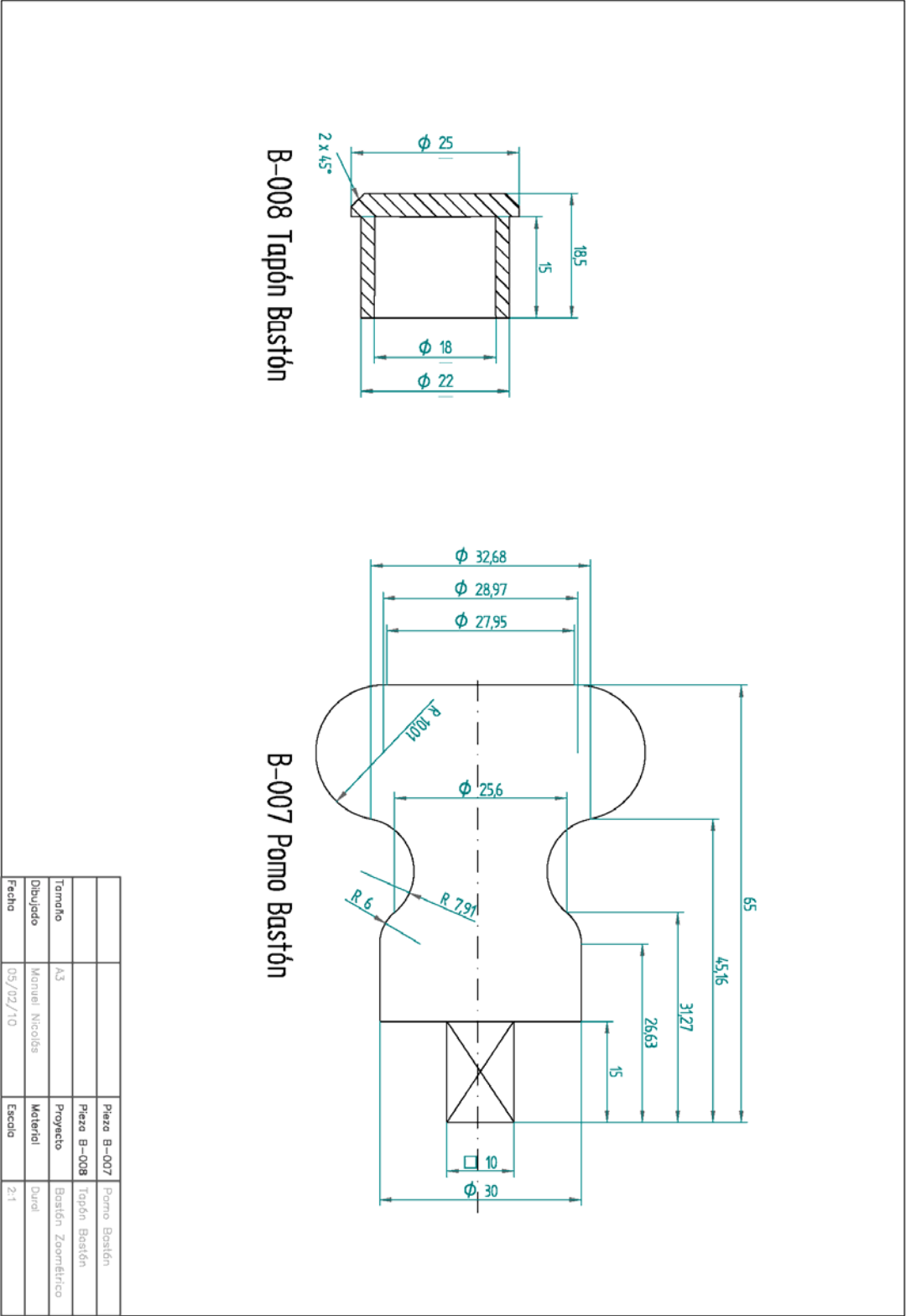












15.- AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mis padres el apoyo que me han dado en todo momento, sin el cual no hubiera sido posible llegar hasta aquí. A los profesores que me han ayudado hasta ahora, para formarme y poder realizar este proyecto, en especial a Rosario González y Miguel García Garcés del departamento de Fabricación de ingeniería.

A Luis Berges Muro por dirigir este proyecto final de carrera y ayudarme a finalizar mis estudios universitarios